

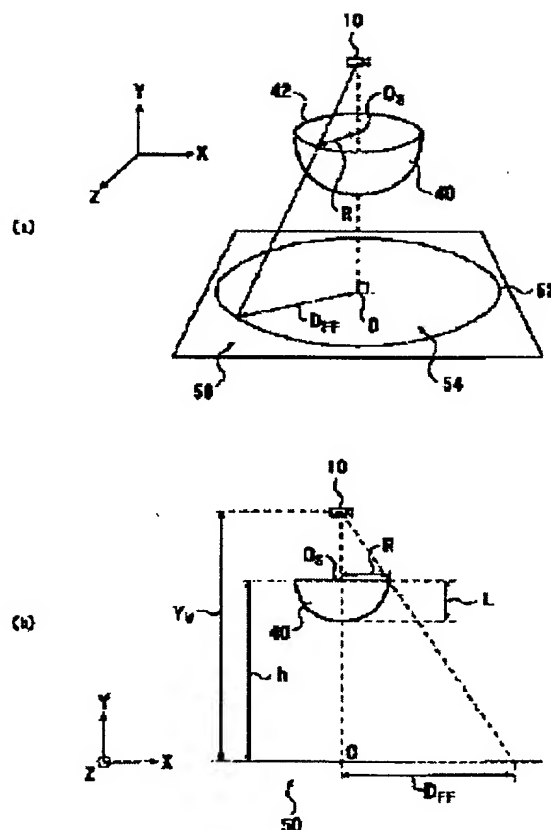
# GAME INFORMATION, INFORMATION STORAGE MEDIUM AND GAME DEVICE

**Patent number:** JP2002298157  
**Publication date:** 2002-10-11  
**Inventor:** MATSUNO TOSHIAKI  
**Applicant:** NAMCO LTD  
**Classification:**  
 - international: G06T17/40; A63F13/00  
 - european:  
**Application number:** JP20010094374 20010328  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP2002298157

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realistically express a water area such as the sea and the lake with the view thereof changed according to the change in the position of the view point and the direction of the view without impairing the feeling of distance.

**SOLUTION:** A water surface part of a topographical model constituting the surface of the earth in a virtual space is defined by a translucent polygon. The color of the water surface is determined by a virtual body 40. When generating the game image, the virtual body 40 is depicted, and the topographical model is depicted. The virtual body 40 is set in a semi-spherical shape, a dark color and a bright color are arranged in a lowest point 44 and an upper bottom circumference 42, respectively, and the color is gradually changed from the lowest point 44 to the upper bottom circumference 42. The virtual body 40 is arranged in the virtual space following the perpendicularly downward direction of the viewpoint 10 so that the lowest point 44 is downwardly in the perpendicular direction.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-298157  
(P2002-298157A)

(43) 公開日 平成14年10月11日 (2002. 10. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 0 6 T 17/40		G 0 6 T 17/40	E 2 C 0 0 1
A 6 3 F 13/00		A 6 3 F 13/00	B 5 B 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2001-94374 (P2001-94374)	(71) 出願人	000134855 株式会社ナムコ 東京都大田区多摩川 2 丁目 8 番 5 号
(22) 出願日	平成13年 3 月 28 日 (2001. 3. 28)	(72) 発明者	松野 俊明 東京都大田区多摩川 2 丁目 8 番 5 号 株式 会社ナムコ内
		(74) 代理人	100090033 弁理士 荒船 博司 (外 1 名)

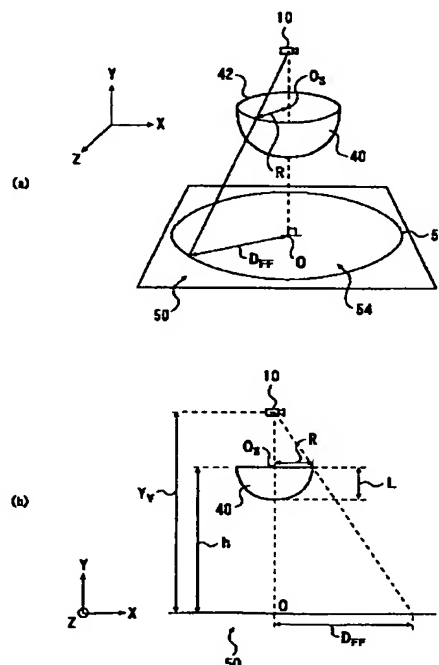
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ゲーム情報、情報記憶媒体およびゲーム装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明の課題は、視点の位置や視線方向の変化に伴って見え方の変化する海や湖などの水場について、その水場との距離感を損なうことなくリアルに表現することである。

【解決手段】 仮想空間における地表を構成する地形モデルのうち、水面部分は、半透明ポリゴンによって定義する。また、水面の色は、仮想体 40 により決定する。そして、ゲーム画像を生成する際には、仮想体 40 を描画した後、地形モデルを描画する。その際、仮想体 40 を略半球状に設定し、最下点 44 には暗い色を、上底円周 42 には明るい色を配色し、最下点 44 から上底円周 42 へと徐々に色を変化させる。そして、最下点 44 が鉛直下向きとなるように、視点 10 の鉛直下方向に追従させて仮想体 40 を仮想空間に配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】プロセッサによる演算・制御により、装置に対して、所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行させるためのゲーム情報であって、

所与の水平面を前記仮想空間に設定する設定手段と、略板状の透過体を前記所与の水平面に配置する透過体配置手段と、

所与の色情報を有する仮想体を前記仮想空間に配置する仮想体配置手段と、

前記透過体を描画する際に、前記所与の視点と前記仮想体の所与の点とを結ぶ直線が前記透過体と交差する場合には、当該透過体の色情報と当該仮想体の色情報とを合成して当該透過体を描画する描画手段と、

を前記装置に機能させるための情報を含むゲーム情報。

【請求項2】請求項1において、

前記設定手段が、前記仮想空間に含まれる水面を前記所与の水平面とするための情報を含むゲーム情報。

【請求項3】請求項2において、

前記透過体配置手段が、前記水面下に物体が存在する場合には、当該物体の色情報を前記透過体の色情報に含ませるための情報を含むゲーム情報。

【請求項4】請求項1から3のいずれかにおいて、

前記仮想体は所定形状であって、

前記仮想体配置手段が、前記所与の視点に追従させて前記仮想体を前記仮想空間に配置するための情報を含むゲーム情報。

【請求項5】請求項4において、

前記仮想空間に地表描画範囲を設定する手段を前記装置に機能させるための情報と、

前記仮想体配置手段が、前記仮想体の縁部と前記所与の視点を通る直線が、前記地表描画範囲の縁部近傍に交差するように前記仮想体を配置するための情報と、

前記設定手段が、前記地表描画範囲内に前記所与の水平面を設定するための情報と、を含むゲーム情報。

【請求項6】請求項1から5のいずれかにおいて、

前記仮想体配置手段が、前記仮想体の基準方向を、前記仮想空間における所与の方向に向けて配置するための情報を含むゲーム情報。

【請求項7】請求項6において、

前記仮想体配置手段が、前記仮想空間における光源の方向を前記所与の方向とするための情報を含むゲーム情報。

【請求項8】請求項1から7のいずれかにおいて、

少なくとも、前記仮想空間における前記所与の視点の高度に応じて、前記仮想体の色情報を決定する色決定手段、を前記装置に機能させるための情報を含むゲーム情報。

【請求項9】請求項8において、

前記色決定手段は、

前記仮想体に特定点及び当該特定点の色情報を設定するとともに、少なくとも前記所与の視点の高度に応じて、前記特定点の色情報を変更する特定点設定手段を備え、この特定点設定手段により設定された特定点の色情報に基づいて、前記仮想体における所与の位置の色情報を決定するための情報を含むゲーム情報。

【請求項10】請求項9において、

前記特定点設定手段が、複数の特定点を前記仮想体に設定し、当該複数の特定点の内、少なくとも一の特定点の色情報と他の特定点の色情報とを前記所与の視点の位置に基づいて配合し、配合した色情報を当該他の特定点の色情報として設定するための情報を含むゲーム情報。

【請求項11】請求項10において、

前記特定点設定手段が、前記所与の視点の高度が上がるに従って、前記他の特定点の色情報を、前記一の特定点の色情報に近づけるように前記配合を行うための情報を含むゲーム情報。

【請求項12】請求項10または11において、

前記特定点設定手段が、前記一の特定点の色情報としてフォグの色情報を設定するための情報を含むゲーム情報。

【請求項13】プロセッサによる演算・制御により、装置に対して、所与の視点から見た水面を含む仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行させるためのゲーム情報であって、

前記水面の色を、前記仮想空間における前記所与の視点の水平位置からの距離に基づいて変更する手段、を前記装置に機能させるための情報を含むゲーム情報。

【請求項14】プロセッサによる演算・制御により、表示画像に係る色情報を記憶する画像メモリを有する装置に対して、所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成するとともに、生成した画像に係る色情報を前記画像メモリに描画することにより、所与のゲームを実行させるためのゲーム情報であって、

所与の色情報を前記画像メモリに描画した上で、前記生成した仮想空間の画像に係る色情報を前記画像メモリに描画するが、その際、当該仮想空間の画像に湖沼、河川、海等の水場が含まれる場合、当該水場に係る色情報を、既に描画されている色情報と合成して描画する手段、を前記装置に機能させるための情報を含むゲーム情報。

【請求項15】請求項1から14のいずれかに記載のゲーム情報を記憶する情報記憶媒体。

【請求項16】所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行するゲーム装置であって、所与の水平面を前記仮想空間に設定する設定手段と、略板状の透過体を前記所与の水平面に配置する透過体配置手段と、

所与の色情報を有する仮想体を前記仮想空間に配置する

仮想体配置手段と、

少なくとも、前記仮想空間における前記所与の視点の高度に応じて、前記仮想体の色情報を決定する色決定手段と、

前記透過体を描画する際に、前記所与の視点と前記仮想体の所与の点とを結ぶ直線が前記透過体と交差する場合には、当該透過体の色情報と当該仮想体の色情報とを合成して当該透過体を描画する描画手段と、  
を備えるゲーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、所与の装置に対して、所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行させるためのゲーム情報等に関する。

【0002】

【従来の技術】近年では、三次元の仮想空間と、この仮想空間内を移動可能な移動体とを構築し、所与の視点に基づいてこれらの仮想空間を描画して画像を生成し、表示してなるゲームが種々開発されている。すなわち、ゲームのプレーヤは、コントローラを用いて特定の移動体の移動方向や動作を指示し、ゲーム装置は、このコントローラから入力される指示信号に従って移動体を仮想空間内で行動させ、画像を生成している。この手のゲームでは、仮想空間を意図的に歪ませて表現したり、平面的に表現することによって、独特の雰囲気を出し、特殊な効果を期待するものもあるが、尤らしい仮想空間を作り上げてリアルな画像を生成し、現実味のあるゲームを展開するものもある。すなわち、現実的な画像を表示することによって、ゲームにおける臨場感を高め、また、ゲームの展開に迫力や説得力を持たせ、プレーヤをゲームに引きつけ没頭させるように工夫したゲームもある。

【0003】しかし、リアルな画像を生成するためには、緻密な仮想空間を構築し、その仮想空間に配置された物体（すなわち、オブジェクト）の1つ1つに対して視点との位置関係を計算し、更に、光源処理等の物理的な計算を施して、描画しなければならない。換言すれば、説得力のある画像を生成しようとすればするほど、画像生成処理にかかる負担が増大し、画像の生成速度が遅くなる。一方で、ゲームの実行中において、次の1枚の画像を表示するまでの時間には制限がある。いわゆる1インターと呼ばれるものである。すなわち、画像を生成する速度が遅くなれば、次の画像を表示するタイミングに間に合わず、ゲームとして成立しないという問題が生じる。

【0004】そこで、画像を生成する際に、画面上にはっきりとは見えない部分に関しては表現を簡単化して処理の煩雑化を防ぐという方法がよく使われる。例えば、視点に対して遠方に存在する景色等は明瞭に描写する必要はなく、むしろぼかして表現することが望ましい場合

がある。係る部分について処理を簡略して表現する方法の1つとして、その部分や範囲に板状のオブジェクトを配置し、このオブジェクトの表面にゲーム実行中の処理とは別の過程で予め生成した画像を貼りつけるといった方法がある。具体的には、視点に対する距離を基準として描画する範囲と描画しない範囲とを決定し、その境界線上に環境の画像を貼り付けた板状のオブジェクトを立て看板のように配置して表現している。

【0005】

- 10 【発明が解決しようとする課題】上記のような簡単化は、視点の位置の変化が小さいゲームでは、ほとんど問題を発生しない。これは、視点の移動範囲が狭い場合には、その狭い範囲から見える環境さえ尤らしく見えれば、他の角度や位置からの見え方などを考慮する必要がないからである。例えば、現実の世界において、十分遠方に見える山や星などの見え方は、視点の位置が多少ずれたとしても変化しない。これと同様に、仮想空間において、視点の位置から十分遠方に存在する環境を1種類の画像によって表現した場合であっても、視点の位置を

- 20 それほど移動させなければ不自然に見えることはない。  
【0006】しかしながら、視点の位置が連続的に広範囲にわたって移動するようなゲームでは、予め用意してある1種類の画像によって遠景を表現するには無理が生じる場合がある。すなわち、視点の移動範囲が広い場合には、当初視点から見て遠方にあった場所も、視点の移動に伴って近景に至る可能性があり、係る場合には、徐々に詳細な部分が明瞭と化すように表現しなければならない。ところが、上記簡単化の方法によって遠方を表現すると、視点の位置に応じた無数の遠景画像が必要となるばかりでなく、遠景画像を切り替えるタイミングや、遠景から近景へと切り替わるタイミングが離散的にならざるを得ず、不自然な印象を与えかねない。また、視点の進行方向に存在する背景だけでなく、進行方向に対して垂直な方向にある背景についても、視点の連続的且つ高速な移動に伴って徐々に見え方を変化させる必要がある。このように、ゲームの進行に伴って遠景の範囲が刻々と変化するようなゲームにあっては、遠方を予め用意した画像によって表現する方法は適さず、却ってプレーヤに違和感を与える恐れがあった。

- 40 【0007】とりわけ、海や湖などの水面は、視点の位置や視線方向に応じて多様に変化して見えるため、尤らしく表現することが困難である。例えば、海上において海を見渡したとき、水平線近傍の海の色は雲や空の淡い色を反映した若干淡い青色に見えるが、一方、海を真下に見下ろしたときの色は、その周辺が深い海であれば、光を吸収して濃く深い青色に見えることがある。また、比較的低い位置から海を見下ろした場合と、比較的高い上空から海を見下ろした場合とでも海の見え方は異なる。すなわち、近くから海を見下ろした場合には、波のきらめきや、濃く深い海の色を見ることが出来るもの

の、高い位置から見下ろした場合には、もはや波は認識できず、また、大気等の影響を受けて海が若干空の色に溶け込んで見えるようになる。

【0008】このように、海や湖等の水面の示す色は必ずしも均一ではなく、視点の位置や視線方向との関係に応じて示す色に若干の変化が生じる。係る海や湖等の表現を、視点が広範囲に移動できるゲームに適用するためには、視点の位置や視線方向の変化に伴って海の色も変化させなければならない。しかし、上述のように、1種類の画像や青色を持った板状のオブジェクトによって海を表現した場合、視点の位置や視線方向の変化に伴う海の色味の滑らかな変化を尤らしく表現することは困難である。

【0009】本発明の課題は、上記事項に鑑みて成されたものであって、視点の位置や視線方向の変化に伴って見え方の変化する物体について、その物体との距離感を損なうことなくリアルに表現することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、プロセッサによる演算・制御により、装置に対して、所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行させるためのゲーム情報であって、所与の水平面（例えば、本実施の形態における地表面50）を前記仮想空間に設定する設定手段（例えば、図15に示す地形データ330）と、略板状の透過体（例えば、本実施の形態における半透明ポリゴン）を前記所与の水平面に配置する透過体配置手段（例えば、図15に示す地形制御部222）と、所与の色情報を有する仮想体を前記仮想空間に配置する仮想体配置手段（例えば、図15に示す仮想体配置部224）と、前記透過体を描画する際に、前記所与の視点と前記仮想体の所与の点とを結ぶ直線が前記透過体と交差する場合には、当該透過体の色情報と当該仮想体の色情報とを合成して当該透過体を描画する描画手段（例えば、図15に示す描画部246）と、を前記装置に機能させるための情報を含むことを特徴とする。

【0011】請求項16に記載の発明は、所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行するゲーム装置であって、所与の水平面を前記仮想空間に設定する設定手段と、略板状の透過体を前記所与の水平面に配置する透過体配置手段と、所与の色情報を有する仮想体を前記仮想空間に配置する仮想体配置手段と、少なくとも、前記仮想空間における前記所与の視点の高度に応じて、前記仮想体の色情報を決定する色決定手段と、前記透過体を描画する際に、前記所与の視点と前記仮想体の所与の点とを結ぶ直線が前記透過体と交差する場合には、当該透過体の色情報と当該仮想体の色情報とを合成して当該透過体を描画する描画手段と、を備えることを特徴とする。

【0012】ここで、透過体とは、完全に透明に設定さ

れたポリゴンやオブジェクトに限らず、所与の不透明度が設定された半透過体であってもかまわない。また、水平面とは、完全に水平な面である必要はなく、若干の傾斜を持った面を含むものである。

【0013】この請求項1または16に記載の発明によれば、仮想空間に水平面を定義し、この水平面に沿って透過体が配置される。また、この透過体により表現する物体の色を、仮想体の色と合成することによって決定する。すなわち、個々の透過体の色は、個々の透過体に設定される固定的な色のみならず、別途独立して設定される仮想体の色情報が加味されて決定される。したがって、例えば、視点の位置（あるいは、座標）の移動に伴って仮想体の色を変化させれば、水平面上に配置された個々の透過体の視点に対する位置関係に矛盾を来すことなく、透過体の色味のみを変更して表現することができる。

【0014】例えば、海や湖などを含む画像を生成するに際し、水面を透過体により表現し、その海や湖の色を仮想体によって表現すれば、仮想空間における水面の位置と、その水面に与える色とをそれぞれ切り離して決定することができる。すなわち、視点の位置の変化に伴って仮想体の色情報のみを変更すれば、水面と視点との物理的な位置関係に矛盾を来すことなく、海や湖の色を変化させて奥行き感を強調することができる。したがって、請求項2に記載の発明のように、請求項1に記載のゲーム情報において、前記設定手段が、前記仮想空間に含まれる水面を前記所与の水平面とするための情報（例えば、図15に示す地形データ330による半透明ポリゴン）を含むこととしてもよい。ここで、水面とは、海や湖沼、河川、田畑、池、水溜りなど、動不動を問わず液体がまとまって存在する際の表面を含む意である。

【0015】また、請求項3に記載の発明のように、請求項2に記載のゲーム情報において、前記透過体配置手段が、前記水面下に物体が存在する場合には、当該物体の色情報を前記透過体の色情報に含ませるための情報を含むこととしてもよい。

【0016】この請求項3に記載の発明によれば、透過体により水面を表現する場合において、その水面下に物体の存在を表現する際には、その物体の色を透過体の色情報に含ませる。このとき、透過体の色情報に含まれた物体の色情報は、透過体を描画する際に仮想体の色情報と合成されることとなる。したがって、物体の色情報にも海や湖の色味が含まれることとなり、水面下に物体が水をかぶって存在するかのように表現することができる。

【0017】係る発明は、海等の深さを表現する場合にも好適である。すなわち、海の色等は、視点の向きや位置に応じて変化するだけでなく、海底の深さに応じて異なって見える。例えば、海底が深い場合には、海の表面の色は濃く深い青色であり、浅瀬や珊瑚礁の海の色は

明るい青色やエメラルドグリーンに見えることがある。こうした深さに応じた海などの色を表現するために、透過体に浅瀬の色（例えば、白色や黄色など）や珊瑚礁の色を含ませれば、それ以外の部分と比較して海や湖の色を淡い色合いに表現でき、係る部分が浅瀬であることを知らしめることができる。

【0018】また、請求項4に記載の発明のように、請求項1から3のいずれかに記載のゲーム情報において、前記仮想体は所定形状であって、前記仮想体配置手段が、前記所与の視点に追従させて前記仮想体を前記仮想空間に配置するための情報を含むこととしてもよい。

【0019】この請求項4に記載の発明によれば、仮想体を所定の形状とし、視点に追従させるものとした。例えば、水平面に対する視点からの垂直線を算出し、その垂線と仮想体の所定位置が交差するように仮想体を配置すれば、視点の位置（座標）が変化しても、その垂線と視線ベクトルとの成す角に応じた視線ベクトルが指す仮想体の位置は変化しない。すなわち、仮想体の形状と色情報とを固定的に設定し、更に視点に追従させれば、その視点に追従させる方向ベクトルと視線ベクトルとの成す角に応じた仮想体の見え方を固定的に設定することができる。

【0020】例えば、海の画像を生成するに際して、仮想体を、平面的な正方形に設定し、その中心から縁にかけて深い海の色から浅い海の色へと徐々に変化した色味を設定する。そして、視点の鉛直下方向にこの仮想体を追従させて配置すれば、視点の位置の移動に拘わらず、視点の鉛直下方向にある海の色を常に深い色によって表現し、視線ベクトルと鉛直線との成す角の増加に伴って海の色を明るく表現することができる。

【0021】また、請求項5に記載の発明のように、請求項4に記載のゲーム情報において、前記仮想空間に地表描画範囲（例えば、本実施の形態における最大描画範囲54）を設定する手段（例えば、図15に示す地形制御部222）を前記装置に機能させるための情報と、前記仮想体配置手段が、前記仮想体の縁部（例えば、本実施の形態における仮想体40の上底円周42）と前記所与の視点を通る直線が、前記地表描画範囲の縁部（例えば、本実施の形態における最大描画円周52）近傍に交差するように前記仮想体を配置するための情報と、前記設定手段が、前記地表描画範囲内に前記所与の水平面を設定するための情報（例えば、図15に示す地形データ330；半透明ポリゴンの座標情報）と、を含むこととしてもよい。

【0022】この請求項5に記載の発明によれば、仮想体の縁部が地表描画範囲の縁部と視点とを結ぶ線分上に位置するように仮想体の配置位置を決定する。すなわち、仮想体が画面上に描画される範囲と、地表（地形）が描画される範囲とが常に等しく、画面上に地表が描画される範囲を超えて仮想体ははみ出して表現されること

がない。したがって、例えば、仮想体と透過体の描画位置の重なり判定等の処理を必要とすることなく、仮想体を描画した後、その上から地表を描画することにより、透過体によって構成される水面部分にのみ仮想体の色情報を残し、矛盾なく地表全体を表現することができる。

【0023】また、請求項6に記載の発明のように、請求項1から5のいずれかに記載のゲーム情報において、前記仮想体配置手段が、前記仮想体の基準方向（例えば、本実施の形態における仮想体40を定義するローカル座標系におけるx軸方向）を、前記仮想空間における所与の方向に向けて配置するための情報を含むこととしてもよい。

【0024】この請求項6に記載の発明によれば、仮想体をその基準となる方向を仮想空間における所与の方向に向けて配置する。例えば、仮想体を定義するローカル座標系（x, y, z）におけるy軸が、仮想空間における水平面と垂直に交わり、且つ、視点を向くように仮想体を配置した場合において、仮想体のx軸、z軸の仮想空間において指す向きは任意となる。係る場合において、例えば、仮想体のx軸を基準方向とし、仮想空間における所与の方向に向けて配置することとすれば、仮想体の配置位置および向きを一意に決定することができる。とともに、仮想空間における東西南北および上下方向といった方向と対応するように仮想体の色を定義し、且つ、配置することができる。

【0025】なお、仮想空間における所与の方向とは、光源の方向であってもよいことは勿論である。したがって、請求項7に記載の発明のように、請求項6に記載のゲーム情報において、前記仮想体配置手段が、前記仮想空間における光源の方向を前記所与の方向とするための情報を含むこととしてもよい。ここで、光源の方向とは、仮想空間に点光源が設定されている場合には、この点光源の座標の方向となり、無限光源（すなわち、平行光線）が設定されている場合には、光線ベクトルの指す向きと逆方向となる。

【0026】なお、海や湖などの色の変化は、視点の水平方向に対する移動や視線方向の変化に伴って変わるだけでなく、視点の高度に応じて変化する場合もある。例えば、水面に対する視点の高度が十分高くなると、水面は大気や雲等の影響を受けて霞んで明瞭には見えなくなることがある。係る場合においては、視点の高度に応じて仮想体の色を変化させることが望ましい。すなわち、請求項8に記載の発明のように、請求項1から7のいずれかに記載のゲーム情報において、少なくとも、前記仮想空間における前記所与の視点の高度（例えば、本実施の形態における仮想空間での視点のY座標）に応じて、前記仮想体の色情報を決定する色決定手段（例えば、図15に示す色決定手段242）、を前記装置に機能させるための情報を含むこととしてもよい。

【0027】また、請求項9に記載の発明のように、請



求項8に記載のゲーム情報において、前記色決定手段は、前記仮想体に特定点及び当該特定点の色情報を設定（例えば、図9に示す特定点テーブル328）するとともに、少なくとも前記所与の視点の高度に応じて、前記特定点の色情報を変更する特定点設定手段（例えば、図15に示す色決定手段242）を備え、この特定点設定手段により設定された特定点の色情報に基づいて、前記仮想体における所与の位置の色情報を決定するための情報を含むこととしてもよい。

【0028】この請求項9に記載の発明によれば、仮想体の色情報を変更するに際し、仮想体上に設定した特定点の色情報のみを変更すれば、仮想体における他の点の色情報についても変更することができる。例えば、仮想体を複数のポリゴン（すなわち、複数の頂点）によって定義する場合、通常、各ポリゴンの色を変更するためには、各頂点の1つ1つに対して変更後の色を予め記憶しておく必要がある。しかし、本発明によれば、特定点の色情報のみを記憶しておけば足り、少ない情報量によって仮想体の多様な色味の変化を実現することができる。

【0029】また、請求項10に記載の発明のように、請求項9に記載のゲーム情報において、前記特定点設定手段が、複数の特定点を前記仮想体に設定し、当該複数の特定点の内、少なくとも一の特定点の色情報と他の特定点の色情報とを前記所与の視点の位置に基づいて配合し、配合した色情報を当該他の特定点の色情報として設定するための情報を含むこととしてもよい。

【0030】この請求項10に記載の発明によれば、視点の位置の変化に伴って、所与の特定点の色情報に対して他の一以上の特定点の色情報を配合することができる。換言すれば、視点の仮想空間における所与の位置から他の位置への変更に伴って、所与の特定点の色を他の特定点の色に近づけることができる。例えば、視点の仮想空間における雲の下から雲のない場所へと移動する場合において、その視点の移動に伴って、暗い色情報を有する特定点に対して、明るい色を持つ特定点の色情報を配合して行けば、徐々に海の色を全体的に明るく変化させて表現することができる。

【0031】また、視点の高度に応じて1の特定点の色情報に対する他の特定点の色情報の配合率を変化させる構成にしてもよい。すなわち、請求項11に記載の発明のように、請求項10に記載のゲーム情報において、前記特定点設定手段が、前記所与の視点の高度が上がるに従って、前記他の特定点の色情報を、前記少なくとも一の特定点の色情報に近づけるように前記配合を行うための情報を含むこととしてもよい。

【0032】この請求項11に記載の発明によれば、例えば、海を表現する場合において、仮想体に、水平線近傍の色情報を有する特定点と、深い海の色情報を有する特定点とを設定する。係る場合において、視点の高度が

高くなるに従って、深い海の色情報を有する特定点に対し、水平線近傍の海の色を配合していけば、視点が高くなるにつれて海の色が明るく輝くように変更することができる。すなわち、視点の高度の変化をより尤らしく表現することができる。

【0033】なお、仮想体上の特定点の色をフォグの色として設定してもよいことは勿論である。すなわち、請求項12に記載の発明のように、請求項10または11に記載のゲーム情報において、前記特定点設定手段が、前記一の特定点の色情報としてフォグの色情報を設定するための情報を含むこととしてもよい。例えば、海を表現する場合において、視点の位置に対して遠方に存在する島等は、その島を取囲む海の色を基調としてぼかして表現すると違和感なく遠方に存在するかのように表現することができる。係る表現を実現するために仮想体の特定点の色情報をフォグの色として設定すれば、簡単に視点に対して遠方の物体をもっともらしく表現することができる。

【0034】請求項13に記載の発明は、プロセッサによる演算・制御により、装置に対して、所与の視点から見た水面を含む仮想空間の画像を生成して所与のゲームを実行させるためのゲーム情報であって、前記水面の色を、前記仮想空間における前記所与の視点の水平位置からの距離に基づいて変更する手段（例えば、図15に示す色決定部242）、を前記装置に機能させるための情報を含むことを特徴とする。

【0035】この請求項13に記載の発明によれば、視点の水平位置からの距離に応じて仮想空間内に設定する水面の色を変更することができる。すなわち、仮想空間内を視点の水平方向に移動した場合であっても、視点の水平位置からの距離に基づいて水面の色を決めることができるため、視点に対して近い水面の色と、遠くの水面の色とを異なる色味で表現することができる。したがって、水面の奥行き感をより尤らしく表現することができる。

【0036】請求項14に記載の発明は、プロセッサによる演算・制御により、表示画像に係る色情報を記憶する画像メモリ（例えば、図15に示すフレームバッファ420）を有する装置に対して、所与の視点に基づく仮想空間の画像を生成するとともに、生成した画像に係る色情報を前記画像メモリに描画することにより、所与のゲームを実行させるためのゲーム情報であって、所与の色情報（例えば、本実施の形態における仮想体40の色情報）を前記画像メモリに描画した上で、前記生成した仮想空間の画像に係る色情報を前記画像メモリに描画するが、その際、当該仮想空間の画像に湖沼、河川、海等の水場が含まれる場合、当該水場に係る色情報（例えば、本実施の形態における半透明ポリゴンや渾モデル）を、既に描画されている色情報と合成して描画する手段（例えば、図15に示す描画部246）、を前記装置に

機能させるための情報を含むことを特徴とする。

【0037】この請求項14に記載の発明によれば、所与の色情報を画像メモリに描画した後、地形等の仮想空間の画像に係る色情報を画像メモリに描画する。このとき、仮想空間の画像内に波や水面を表現するための色情報が含まれる場合には、既に画像メモリに描画された色情報と合成して画像メモリに描画する。したがって、水の色を、水面や波の色とは無関係な方法によって決定し、また、描画することができる。

【0038】なお、請求項15に記載の発明のように、請求項1から14のいずれかに記載のゲーム情報を情報記憶媒体に記憶してもよいことは勿論である。

【0039】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好適な実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本実施の形態では、本発明を海の表現に適用する場合について説明するが、本発明の適用については海に限定する必要はない。また、ゲームの一例として、飛行戦闘ゲームを例に説明するが、他のいかなるゲームに本発明を適用してもかまわない。

【0040】図1は、家庭用のゲーム装置の一例を示す図である。同図によれば、ゲーム装置1210は、ディスプレイ1200、ゲームコントローラ1202、1204等が着脱自在な構成になっている。また、ゲームプログラムや本発明を実現するために必要な情報等のゲーム情報は、ゲーム装置1210に着脱自在な情報記憶媒体であるCD-ROM1206、ICカード1208、メモ리카ード1212および、ゲーム装置1210本体が備える情報記憶媒体等に格納されている。

【0041】プレーヤは、ディスプレイ1200に映し出されたゲーム画像を見ながら、ゲーム画像上に表示される戦闘機をゲームコントローラ1202あるいは1204を用いて操作することによって、飛行戦闘ゲームを楽しむ。以下、プレーヤにより操作される戦闘機を自戦闘機という。ここに、自戦闘機を操作するとは、ゲームコントローラ1202、1204の操作ボタンを押下することにより、自戦闘機の移動方向や移動速度を指定する\*

$$C_A = \{C_F \cdot (d - D_{Fn}) + C_M \cdot (D_{Ff} - d)\} / (D_{Ff} - D_{Fn})$$

によって決定する。なお、以下では、フォグ処理を開始する距離 $D_{Fn}$ をフォグ開始距離といい、完全にフォグの色になる距離 $D_{Ff}$ をフォグ極限距離という。

【0045】図2は、視点10に対するフォグ開始距離 $D_{Fn}$ 、フォグ極限距離 $D_{Ff}$ 、描画範囲12を示した仮想空間の平面図である。なお、描画範囲12を破線によって示した。同図からわかるように、視点10からの距離に応じて同心球状にフォグ処理を施す範囲14を決定する。すなわち、物体は、フォグ開始距離 $D_{Fn}$ よりも視点10から離れると徐々にフォグの色に溶け込み、更に、視点10との距離がフォグ極限距離 $D_{Ff}$ を越えると、フ

\*る行為を意味する。また、ゲーム画像内には、仮想空間における自戦闘機の位置が把握できるように、自戦闘機を取巻く環境、すなわち、空や地形といった環境を表現する。なお、ゲーム画像を生成するための視点の位置は、自戦闘機の操縦席に設定してもよいし、自戦闘機に追従させて自戦闘機を客観的に表現するように設定してもよい。

【0042】なお、飛行戦闘ゲームを実行する場合には、自戦闘機（すなわち、視点）が移動可能な全ての範囲について地形データが必要となる。具体的には、自戦闘機が山の上空を飛ぶ場合や、海上を飛ぶ場合、平地上空を飛ぶ場合などがあり、これらの一連の地形データを予め用意する必要がある。しかし、1フレームのゲーム画像を生成する際に、これら全ての地形データを読み出してモデルを構築し、且つ、視線方向に存在する全ての地形モデルを描画すると、画像の生成速度に遅延を来し、ゲームを展開できなくなるといった問題が発生する。

【0043】そこで、本実施の形態では、画像を生成する際の描画範囲を、視点からの距離に基づいて制限する。すなわち、視点の視線方向に存在する物体であっても、視点からの距離が所定距離を越える場合には、係る物体を描画の対象としない。ただし、このように描画の範囲を制限すると、描画範囲よりも遠くの世界がふつりと消えたような印象を与えかねない。このため、視界内の物体に対してフォグと呼ばれる処理を施して、視点から遠のくにつれて物体がぼけて見えるように表現し、描画範囲を超える部分については完全にぼけて見えなように表現する。

【0044】ここで、フォグ処理とは、物体が有する色に、視点からの距離に応じて所定の色を合成する処理であり、物体をぼかして見せる手法である。具体的には、物体が完全に霞んで見えなくなる距離 $D_{Ff}$ と、物体が霞み始める距離 $D_{Fn}$ とを設定し、物体の視点に対する距離 $d$ との差に基づいて色情報の合成割合を決定する。例えば、物体に合成する色をフォグ色 $C_F$ （R, G, B）とし、物体の色を $C_M$ （R, G, B）とした場合、フォグ処理後の物体の色 $C_A$ を、

$$(ただし、D_{Fn} \leq d \leq D_{Ff}) \quad \dots (1)$$

40 フォグの色に塗りつぶされて完全に描画されなくなる。このように、描画範囲の最大距離をフォグ極限距離 $D_{Ff}$ として設定することによって、視点10に基づいて生成された画像上の世界が、描画範囲を超えて途切れるような印象を与えることなく仮想空間を表現できる。

【0046】さて、本発明は、仮想空間に設定された全地形のうち、海の水面となる部分を尤らしく表現するためのものである。すなわち、視点10の移動や視線方向の変化に伴って、水面の色をリアルに変化させ、仮想空間の奥行き感を強調するためのものである。

50 【0047】図3は、視点10の位置の変化と、海の色



の変化について説明するための図である。(a)および(c)は、仮想空間の断面を模式的に描いたものであって、それぞれ視点10が異なる位置に配置され、また、異なる視線方向を示している。(b)は、(a)に示す視点10に基づく画像例であり、(d)は、(c)に示す視点10に基づく画像例を示す。

【0048】図3(a)によれば、視点10は、視線ベクトル20をほぼ水平にして、やや遠方に存在する島30を見下ろしている。したがって、(b)に示す画像例のように、島30は、水平線32に近い位置に表現されることとなる。一方、(c)によれば、視点10は、(a)に示す位置よりも島30に近づき、且つ、島30を見下ろす方向に視線ベクトル20が設定されている。したがって、(d)に示す画像例のように、島30は、海に囲まれて表現されることとなる。このとき、(b)に示す島30周辺の海には、水平線近傍の空の色を反射した明るい海の色を配色し、(d)に示す島30周辺の海には、濃く深い海の色を配色することが望ましい。本発明によれば、このような視点10の位置の変化に伴う海の色の変化を尤らしく表現することができる。

\*20

$$C = (1 - \alpha) \cdot C_p + \alpha \cdot C_o \quad (\text{ただし、} 0 \leq \alpha \leq 1) \quad \dots (2)$$

によって定義する。ここで、 $C_p$ は半透明ポリゴンに与えられた色を、 $C_o$ は他のオブジェクトの色を意味する。すなわち、1つの画素に対して半透明ポリゴンを描画する場合には、当該半透明ポリゴンの色 $C_p$ と、当該画素に既に与えられた色 $C_o$ とを、合成率 $\alpha$ に基づいて合成した色 $C$ を、当該画素に与える。したがって、半透明ポリゴンを描画すると、決まって、その半透明ポリゴンについて描画する前に描いたオブジェクトの色が反映されることとなる。一方、通常のポリゴンには、色の合成率を定義しない(若しくは、 $\alpha = 0$ とする)。したがって、通常のポリゴンを描画するときには、既に描かれた物体の色は排除され、そのポリゴンの色のみが描画されることとなる。なお、半透明ポリゴンには、白色や薄い青色を予め設定する。

【0051】以下、仮想体について説明する。まず、仮想体の形状および配置位置について説明する。なお、以下では、仮想空間を定義するための座標系をワールド座標系(X, Y, Z)とし、仮想体を定義するための座標系をローカル座標系(x, y, z)と表記する。

【0052】図4は、仮想体40の外観例を示す図であり、(a)は仮想体40を斜俯瞰図であり、(b)は仮想体40の側面図であり、(c)は仮想体40の平面図である。各図に示すように、仮想体40は、矩形若しくは三角形のポリゴンによって略半球状に構成されたものである。以下では、仮想体40の上底の半径をR、上底から最下点44までの距離(すなわち、仮想体40の長さ)をLとし、仮想体40の上底の中心点 $O_s$ を仮想体40の代表点とする。また、(c)に示すように、ローカル座標系(x, y, z)の原点を中心点 $O_s$ に設定す

\*【0049】以下、海面の表現方法について詳細に説明する。本実施の形態では、海面を半透明ポリゴンによって定義する。すなわち、仮想空間に設定される地形モデル(地形データ)には、陸となる部分と、海面となる部分とが存在するが、このうち、海面となる部分に関しては半透明ポリゴンによって表現し、海の色については、仮想体によって表現する。すなわち、半透明ポリゴンを透過して見える海の色を仮想体によって表現する。具体的には、まず、仮想体を描画する。そして、その仮想体が描かれた上に、陸や海面などの地形モデルを上書きする。このとき、海面となる部分は、半透明ポリゴンによって構築されているため、先に描いた海の色が反映されることとなる。また、陸部分については、通常のポリゴンによって定義すれば、先に描かれた海の色を排除し、陸部分の色のみを残すことができる。

【0050】なお、半透明ポリゴンとは、色の合成率 $\alpha$ (もしくは、透明度)が指定されたポリゴンのうち、他の色が合成される割合の高いもの、すなわち、透過率の高いものを意味する。例えば、色の合成を次式

る。ただし、y軸が仮想体40の上底に対して垂直に交わるように設定する。なお、仮想体40を構成するポリゴンの数や、上底の半径Rや仮想体40の長さLなどの具体的な数値はいずれの値であってもかまわないが、以下の条件を満たすように仮想空間に配置する。

【0053】図5(a)および(b)は、仮想空間に仮想体40を配置した一例を示す斜俯瞰図である。(a)は、視点10、仮想体40、地表面50とを斜めに見下ろした一例を示す図であり、(b)は、視点10、仮想体40、地表面50の一部断面を模式的に表現したものである。ここで、地表面50とは、仮想空間の座標系における $Y = 0$ となる面(X-Z平面)であり、この地表面50を基準として地形モデルが配置される。また、海面(すなわち、半透明ポリゴン)についても、この地表面50に沿って配置する。なお、(a)および(b)において、点Oは、視点10をY軸に沿って地表面50に平行投影した点である。また、地表面50に描いた円周52は、視点10が地表面50に存在するときのフォグ極限距離 $D_{ff}$ 、すなわち、地表面50における最大の描画範囲を示す円周52である。なお、以下では、点Oを中心とする半径 $D_{ff}$ の円周内の範囲を最大描画範囲54といい、その円周を最大描画円周52という。

【0054】同図に示すように、仮想体40を、その代表点 $O_s$ が視点10の直下に位置するように配置し、且つ、仮想体40の上底円周42が視点10と最大描画円周52とを結ぶ直線と交わるように配置する。このとき、仮想体40の代表点 $O_s$ の高さhは、比例の関係に従って、

$$h = Y_v \cdot (1 - R / D_{ff}) \quad \dots (3)$$

によって算出することができる。すなわち、視点10の座標を $(X_v, Y_v, Z_v)$ とした場合、仮想体40の代表点 $O_s$ の座標は、 $(X_v, h, Z_v)$ によって決定することができる。

【0055】図6(a)および(b)は、視点10の高度に伴う仮想体40の位置の変化を説明するための図である。(a)と(b)とは、視点10の高度が異なり、視点10の高度の変化に伴って、視点10と仮想体40の代表点 $O_s$ との距離 $d$ が変化している。このように、視点10の高度に応じて、視点10と仮想体40との距離 $d$ を変化させることによって、仮想体40は、その大きさを変更することなく、地表面50上の常に等しい位置の色を表現することができる。(a)において、仮想体40の所与の点Kは、地表面50の点Mの色を表現している。この仮想体40上の点Kは、(b)に示すように、視点10の高度が変化しても、視点10が水平方向に移動しない限り、常に、地表面50の点Mの色を表現することとなる。

【0056】また、図5や図6に示したように、仮想体40は、常に、地表面50上の最大描画範囲54と重なる位置に描画されることとなる。したがって、海の色だけが地形からはみ出て表現されるといった問題を心配する必要がない。また、仮想体40は、描画されても、地表面50において重なる位置の地形モデルが陸部分であれば、その陸の色が上書きされて見えなくなる。換言すれば、仮想体40の描画有無について、海面の存在を判定したり、地形モデルとの重なり部分を判定するなどの処理を必要とすることなく、常に描画すればよく、煩わしい処理を必要とせずに、簡単に海の色を表現することができる。

【0057】続いて、仮想体40に設定する色について説明する。図5に示したように、仮想体40の上底円周42は、地表面50における最大描画円周52に対応し、仮想体40の最下点44は、視点10の真下に該当する。したがって、仮想体40の上底円周42の近傍に明るい色を配色し、仮想体40の最下点44に近づくにつれて濃く深い色を配色すれば、視線ベクトルの向きに応じて徐々に海の色が変化するように表現できる。また、視点10の位置の移動にかかわらず、水平線近傍の海の色は明るく、視点10近傍の海の色は暗く表現することができる。このように、仮想体40の上下方向(すなわち、 $y$ 軸方向)に色を変化させることによって、視点10に対する海の奥行き感が強調される。

【0058】なお、仮想体40の水平方向に色を変化させてもよい。すなわち、 $y$ 軸方向と垂直な方向(例えば、 $x$ 軸方向若しくは $z$ 軸方向)に色を変化させてもよい。このように、仮想体40の水平方向について色を変化させることによって、仮想空間における海の東西南北等の方向性を表現することができる。例えば、夕焼けのシーンなどにおいては、光源の方向とその逆方向とで海

の色を変化させることが望ましいが、本発明によれば、仮想体40の水平方向について色を変化させるだけで簡単に夕焼けを表現することができる。

【0059】具体的には、仮想体40の $x$ 軸の正方向に明るい色を配し、負方向に暗い色を配する。そして、仮想体40の $x$ 軸正方向が仮想空間における光源の方向に向くように仮想体40を配置する。例えば、仮想空間において、光源が点光源によって設定されている場合には、仮想体40の $x$ 軸正方向を点光源の座標の水平位置 $(X, 0, Z)$ に向けて仮想体40を配置する。また、仮想空間において、光源が無限光源として設定されている場合には、仮想体40の $x$ 軸正方向が、光線ベクトルと対向するように仮想体40を配置する。なお、本実施の形態では、光源を太陽とし、平行光線(すなわち、光線ベクトル)によって光源を定義する。

【0060】図7は、仮想空間を斜め上方から模式的に描いた図であり、光線ベクトル60の向きに対抗するように仮想体40の $x$ 軸正方向を配置した一例を示すものである。同図によれば、仮想体40の $x$ 軸は、光線ベクトル $(X_{opt}, Y_{opt}, Z_{opt})$ の水平成分 $(X_{opt}, Z_{opt})$ に対抗するように配置される。したがって、仮想空間を視点10が移動しても光源との位置関係において、矛盾を発生することなく、海の色を尤らしく表現することができる。

【0061】なお、仮想体40の色について、仮想体40を構成するポリゴンの頂点の1つ1つに対して色を定義し、更に、各ポリゴン毎に各頂点の色をグラデーションさせることによって仮想体40を表現してもよい。しかし、係る方法を採用した場合、海の色の変化をより滑らかに尤らしく表現するためには、仮想体40を構成する頂点の数が多量に必要となるばかりでなく、それに伴って記憶すべき色情報の量が増加し、多容量のメモリが必要となる。かといって、ポリゴン数を減少させれば、必要なメモリ容量が少なくてすむ一方で、仮想体40の色がポリゴン単位で変化する様子が顕著となり、自然な海の色を表現できない。

【0062】以上の問題を解決するために、仮想体40に特定な点(以下、特定点という)を設定し、この特定点にのみ色を定義する。そして、仮想体40における任意の頂点の色については、その頂点と周囲の特定点との位置関係に基づいて各特定点に与えられた色を合成することによって決定する。

【0063】図8は、特定点の設定例を示す図であり、仮想体40の中心点 $O_s$ を通る $x-y$ 平面による断面を示す図である。同図によれば、 $x-y$ 平面による仮想体40の断面上の上底円周42に2点 $P_{1a}$ ( $x$ 軸正方向)、 $P_{1b}$ ( $x$ 軸負方向)と、最下点44に $P_2$ 点が設定されているとともに、最下点44と上底円周42に設定した各特定点とを結ぶ曲線の中心点(以下、中間点という)にそれぞれ $P_{2a}$ 、 $P_{2b}$ が特定点として設定され

る。そして、上底円周42上の特定点 $P_{1A}$ 、 $P_{1B}$ には明るい色を設定し、最下点44の特定点 $P_3$ には暗い深い海の色を設定する。また、中間点の特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ には、深くも淡くもない海の色を設定する。また、夕焼けのシーンなどでは、 $x$ 軸の正方向に存在する特定点 $P_{1A}$ 、 $P_{2A}$ には明るい色を配し、負方向に存在する特定点 $P_{1B}$ 、 $P_{2B}$ には暗めの色を設定する。

【0064】図9は、各特定点の色を記憶した特定点テーブル328の一例を示す図である。同図によれば、特定点テーブル328には、各特定点の座標と色情報とがそれぞれ対応付けて記憶される。なお、ここでの座標は、ローカル座標系における座標である。また、 $L_1$ は仮想体40の全長を、 $L_2$ は仮想体40の上底から特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ までの距離を、 $R$ は上底円周の半径を、 $R_2$ は $y$ 軸から特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ までの距離をそれぞれ示している(図8参照)。

【0065】仮想体40を構成する各頂点(すなわち、各ポリゴンの頂点)の色は、その頂点を取囲む4つの特定点、若しくは、3つの特定点に与えられた色を合成することによって決定する。なお、各特定点の色を合成する割合は、各頂点と各特定点との距離、若しくは、成す\*

$$C_{p1} = \{C_{1A} \cdot (\cos \phi + 1) + C_{1B} \cdot (\cos (\pi - \phi) + 1)\} / 2 \quad \cdots (4)$$

により交点 $p_1$ の色 $C_{p1}$ を決定する。交点 $p_2$ についても同様に、特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ を通り上底と平行な断面における中心点から交点 $p_2$ へのベクトルと $x$ 軸方向との成す角 $\phi$ を求め、特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ の色を合成し、 $C_{p2}$ を決定する。

$$C_v = (C_{p1} \cdot d_2 + C_{p2} \cdot d_1) / (d_1 + d_2) \quad \cdots (5)$$

によって決定する。このように、仮想体40を構成する各ポリゴンの各頂点の色を決定する。なお、各ポリゴン内の色については、各ポリゴンを構成する4つ若しくは3つの頂点に対して決定した色に基づいて色を補間して決定する。

【0068】なお、上記説明において、視点10からの距離に応じて描画範囲内に存在する物体に対して、フォグ処理を施すこととした。したがって、例えば、図11に示すように、視点10の高度 $Y_v$ がフォグ開始距離 $D_{ff}$ よりも長く、且つ、フォグ極限距離 $D_{fn}$ よりも短い状況において、地表面50を真下に見下ろした場合には、地形モデルの色はフォグの色と合成されることとなる。このとき、視点10が見下ろす地形モデルに、海と陸とが混在している場合には、陸部分にはフォグの影響が現れるものの、海の色にはフォグの処理が施されず、陸のみがフォグの色に溶け込み、海は明瞭に見えるといった、遠近感のない画像を生成する恐れがある。

【0069】係る問題を解決するために、仮想体40の色を、視点10の高度(すなわち、 $Y_v$ )に応じて徐々★

$$C_{n3} = \{C_{ave} \cdot (Y_v - D_{fn}) + C_3 \cdot (D_{ff} - Y_v)\} / (D_{ff} - D_{fn}) \quad \cdots (7)$$

【0071】図12は、最下点44にある特定点 $P_3$ の

\* 角度に応じて決定する。例えば、図10(a)に示す仮想体40を構成する一のポリゴンにおける頂点 $v$ の色を決定する際には、まず、ローカル座標系における頂点 $v$ の座標 $(x_v, y_v, z_v)$ を判定し、特定点テーブル328の中から $y$ 軸の値の近い3つ若しくは4つの特定点を選択する。すなわち、図10(a)によれば、頂点 $v$ の近隣の特定点として、特定点 $P_{1A}$ 、 $P_{1B}$ および $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ が選択される。これら選択された特定点の色情報を合成する方法は、頂点 $v$ との位置関係を加味したものであればいかなるものであってもかまわないが、以下にその一例を説明する。

【0066】まず、上底円周42と、頂点 $v$ を通り上底と垂直に交わる断面との交点 $p_1$ を算出し、同様に、特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ を通り上底と平行な円周と、点 $v$ を通り上底と垂直に交わる断面との交点 $p_2$ を算出する。そして、各交点 $p_1$ 、 $p_2$ の色 $C_{p1}$ 、 $C_{p2}$ を決定する。例えば、交点 $p_1$ の色を決定する際には、図10(b)に示すように、原点 $O_s$ から交点 $p_1$ へのベクトル $70$ と、 $x$ 軸との成す角 $\phi$ を求め、この角 $\phi$ に基づいて特定点 $P_{1A}$ 、 $P_{1B}$ の色を合成し、 $C_{p1}$ を決定する。すなわち、

※【0067】そして、交点 $p_1$ および $p_2$ の色を決定すると、頂点 $v$ と各交点との距離に応じて交点 $p_1$ 、 $p_2$ の色を合成して、頂点 $v$ の色を決定する。例えば、図10(c)に示すように、交点 $p_1$ と頂点 $v$ の距離を $d_1$ とし、交点 $p_2$ と頂点 $v$ の距離を $d_2$ とした場合には、

★に変更する。具体的には、中間点の特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ と最下点44の特定点 $P_3$ に設定した色 $C_{2A}$ 、 $C_{2B}$ 、 $C_3$ を、視点10の高度 $Y_v$ に基づいて上底の円周上に設定した特定点 $P_{1A}$ 、 $P_{1B}$ の色 $C_{1A}$ 、 $C_{1B}$ と合成する。このとき、各特定点の色を合成する割合は、式(1)に示したフォグ処理と同様に、距離 $d$ を視点の高度 $Y_v$ に置き換えて行う。例えば、中間点にある特定点 $P_{2A}$ の色には、特定点 $P_{1A}$ の色をフォグの色として合成し、特定点 $P_{2B}$ の色には、特定点 $P_{2B}$ の色をフォグの色として合成する。

【0070】なお、最下点44の特定点 $P_3$ の色 $C_3$ には、上底円周42上の特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ の色 $C_{2A}$ 、 $C_{2B}$ の平均色 $C_{ave}$ をフォグの色として合成する。すなわち、平均色 $C_{ave}$ を

$$C_{ave} = (C_{2A} + C_{2B}) / 2 \quad \cdots (6)$$

によって決定し、この色をフォグの色として、視点10の高さ $Y_v$ と、フォグ開始距離 $D_{ff}$ およびフォグ極限距離 $D_{fn}$ との差に応じて $C_3$ と $C_{ave}$ を合成することによって特定点 $P_3$ の新たな色 $C_{n3}$ を決定する。

50 色が、上底円周42の平均色 $C_{ave}$ に合成される過程を

説明するためのグラフである。同図において、横軸が視点10の高さ $Y_v$ を、縦軸が合成後の特定点 $P_j$ の色 $C_{nj}$ をそれぞれ示している。同図によれば、特定点 $P_j$ の色 $C_{nj}$ は、視点10の高さ $Y_v$ がフォグ開始距離 $D_{fn}$ よりも小さいときには色 $C_j$ であるが、高さ $Y_v$ がフォグ開始距離 $D_{fn}$ を超えると徐々に平均色 $C_{ave}$ が合成され、高さ $Y_v$ がフォグ極限距離 $D_{fr}$ を超えると完全に平均色 $C_{ave}$ になる。このように、フォグ開始距離 $D_{fn}$ およびフォグ極限距離 $D_{fr}$ に基づいて、仮想体40の色を変更することによって、仮想空間内に存在する物体に対して施すフォグの処理と同様に、海の色についても空の色を反映した淡い色合いに変化するように設定することができる。なお、中間点にある特定点 $P_{2A}$ 、 $P_{2B}$ の色についても、上底円周42上の特定点の平均色 $C_{ave}$ をフォグの色として合成してもよい。

【0072】以上に説明した方法によれば、視点10の位置や視線方向に基づいて海の色を徐々に変化させることとしたため、仮想空間における海の奥行き感を表現することができる。また、視点10の高度に応じて海の色を変更することができるため、仮想空間の高さ方向の遠近感が強調される。

【0073】しかしながら、上記説明した方法によれば、海面より上の仮想空間の奥行き感や立体感を強調し、また、海面をリアルに表現することができるものの、海底の高低を表現することはできない。例えば、陸から海へと地形が急激に変化する崖近傍の海の色と、陸から海へとなだらかに変化する砂浜近傍の海の色とは、本来それぞれ異なるはずである。例えば、崖の下が海面に対して深い場合には、海岸近傍の海の色も深い青色を示し、地形がなだらかに変化する場合には、海の色も沖に向かって徐々に深い青色へと変化するはずである。しかし、上記説明によれば、地形モデルは陸部分と海面部分とから構成され、海面部分には、仮想体40によって表現される海の色のみが反映される。したがって、崖のような海岸線でも、砂浜のような程やかな海岸線や珊瑚礁などの浅瀬でも、それぞれ等しい海の色によって表現されてしまう。

【0074】係る問題を解決するために、以下のような処置を取るとよい。すなわち、地形モデルのうち海面の部分構成する半透明ポリゴン上に浅瀬の色を配色し、これを仮想体40の色と合成させる。なお、浅瀬の色については、各ポリゴンの頂点に定義してもよいし、浅瀬を表すテクスチャを当該ポリゴンにマッピングすることによって定義してもよい。テクスチャによって表現する場合には、位置によって浅瀬の色合いや濃淡に変化をつける。また、色の合成率 $\alpha$ については、全てのポリゴンに均一の値を設定するのではなく、各ポリゴンにそれぞれ異なる色の合成率 $\alpha$ を設定し、海の深さが海面の場所に応じて変化して見えるように設定する。

【0075】図13は、半透明ポリゴンに青色以外の色

(例えば、白色や黄色)を配色することによって、浅瀬を表現した画像例である。同図によれば、画像中には島80、82および陸84、海面86が表現されており、島80、82近傍の海面と、島80、82から離れた位置の海面とで異なる濃淡により表現されている。このため、島80、82近傍の海がそれ以外の海と比較して浅い印象を与えることができる。このように、半透明ポリゴンに浅瀬の色を定義することによって、簡単に海底の高低を表現することができる。

【0076】また、海面には、波による水泡や光を反射したきらめき等が見えることがしばしばある。こうした海面の漣を表現するために、以下の工夫をしてもよい。すなわち、完全に透明( $\alpha=1$ )に設定された平面上に、黄色若しくは白色の半透明部( $\alpha \neq 0$ )を付した漣モデルを定義する。そして、この漣モデルを海面と重ねて表現することによって、海面の波や水泡を表現する。

【0077】なお、漣モデルの大きさおよび形状は、地形モデルにおける海面部分の大きさに合わせたものであってもよいが、図14に示すように、漣モデル90が、視点10に対する地表面50の最大描画範囲54と同等若しくはやや小さめの形状であってもよい。このように、漣モデル90の大きさを描画する海面の大きさと無関係に設定する場合には、漣モデル90を描画するタイミングに注意を払う必要がある。具体的には、仮想体40を描画した後で、且つ、地形モデルを描画する前に漣モデル90を描画する。このように、地形モデルを描画する前に漣モデル90を描画することによって、漣モデル90の形状や大きさを考慮したり、海面部分との重なり判定等の処理を必要とすることなく、簡単に海面の漣を表現することができる。すなわち、漣モデル90を地形モデルよりも前に描画すれば、陸部分については漣モデル90の上に上書きされるため、半透明ポリゴンによって構成される海面部分に関してのみ、漣モデル90の色情報が反映される。

【0078】続いて、コンピュータ等のハードウェアを用いて本発明を実現可能とするために必要となる機能について説明する。図15は、機能ブロックの一例を示す図である。同図に示す機能ブロックは、ゲーム情報に基づいて作動する機能と、図1に示すゲーム装置1210自体が予め有する機能とからなるものである。図15によれば、機能ブロックは、操作部100と、処理部200と、表示部500と、情報記憶媒体300と、一時記憶部400と、から構成される。

【0079】操作部100は、図1に示すコントローラ1202、1204に該当する機能部であって、プレイヤーがゲームにおける自戦闘機の操作や、ゲームの開始／中止の指示、選択画面における選択項目の入力等を行うためのものである。なお、操作部100は、図1に示したコントローラ1202、1204の他、キーボードやマウス、コントロールパネル、ジョイスティック等の操

作装置により実現可能である。

【0080】処理部200は、システム全体の制御、システム内の各ブロックへの命令の指示、ゲーム処理、画像処理、音処理等の各種処理を行うものであり、その機能は、各種プロセッサ(CPU、DSP等)、あるいはASIC(ゲートアレイ等)等のハードウェアや、所与のプログラムにより実現できる。また、処理部200には、主に、ゲーム演算部220、画像生成部240が含まれる。

【0081】ゲーム演算部220は、ゲームの進行処理、選択画面の設定処理、仮想空間上での各物体(オブジェクト)の位置や向きを決定する処理、視点10の位置(座標)や視線方向等を決定する処理等、種々のゲーム処理を操作部100から入力される操作信号や、情報記憶媒体300に記憶されたゲーム情報320等に基づいて実行する。また、ゲーム演算部220は、本発明に係る処理を実行するための、地形制御部222と、仮想

体配置部224とを含む。

【0082】地形制御部222は、情報記憶媒体300に記憶された地形データ330のうち、視点10(および視線方向)に係る範囲の地形データ330を決定する機能部である。すなわち、地形制御部222は、ゲーム演算部220により仮想空間における視点10の座標( $X_v, Y_v, Z_v$ )と視線ベクトルとが決定されると、全地形データ330の中から視点10の水平位置( $X_v, 0, Z_v$ )を中心とする最大描画範囲54(図5(a)参照)の地形データを読み出して、地形モデルとして画像生成部240に出力する。また、地形制御部222は、漣モデル90の配置位置を決定し、画像生成部240に出力する処理を実行する。すなわち、仮想空間における視点10の座標が決定されると、漣モデル90の中心点 $O_{s,u}$ (図14参照)の位置を視点10の水平位置( $X_v, 0, Z_v$ )に設定する。

【0083】なお、情報記憶媒体300に記憶される地形データ330には、仮想空間における陸や海面等の地形モデルを構成するための各ポリゴンの頂点座標情報等が記憶される。より詳細には、地形モデルを構成する各頂点のローカルな座標が記憶され、このローカル座標系と仮想空間における座標(ワールド座標系)とが対応付けて記憶される。また、各頂点には、地形モデルを構成する各ポリゴンの色情報や、各ポリゴンにマッピングするテクスチャ情報、色の合成率 $\alpha$ の情報等が対応付けて記憶される。

【0084】仮想体配置部224は、ゲーム演算部220から視点10の座標データ( $X_v, Y_v, Z_v$ )が入力されると、仮想体40の配置位置を決定する処理を実行する。すなわち、視点10の高度 $Y_v$ を式(3)に代入して高さ $h$ を算出して、仮想体40の代表点 $O_s$ のワールド座標系における座標( $X_v, h, Z_v$ )を決定する。また、仮想空間における光線ベクトル( $X_{opt}, Y_{opt},$

$Z_{opt}$ )の水平成分と向き合うように仮想体40の $x$ 軸を向けることによって、仮想体40の配置位置および向きを決定する。そして、その決定した仮想体40の代表点の座標および向きを画像生成部240に出力する。

【0085】画像生成部240は、ゲーム演算部220から入力される指示信号、各種座標データに基づき、ゲーム画像を生成する処理を実行するものであり、CPU、DSP、画像生成専用のIC、メモリなどのハードウェアにより構成される。具体的には、画像生成部240は、前方、後方クリッピングを実行してビューボリューム(すなわち、描画範囲)を決定する処理、各ポリゴンに対する視点10に基づく座標変換処理等のジオメトリ処理と、色補間処理、陰面消去処理等のレンダリング処理を実行することによりゲーム画像を生成する。そして、生成したゲーム画像を表示部500に表示させる。なお、生成される画像は、一時記憶部400に一時的に記憶され、表示タイミングに合わせて表示部500に出力して表示させる。なお、画像生成部240は、色決定部242と、フォグ処理部244と、描画部246と、を含む。

【0086】色決定部242は、主に、視点10の高度 $Y_v$ に応じて仮想体40の各特定点の色を変更する処理、視点10に基づく描画範囲に含まれる仮想体40の色を決定する処理、などを実行する。すなわち、色決定部242は、ゲーム演算部220から視点10の座標データ( $X_v, Y_v, Z_v$ )が入力されると、情報記憶媒体300に記憶された特定点テーブル328を読み出し、式(1)、式(6)、式(7)に基づいて、最下点44や中間点の特定点 $P_{2A}, P_{2B}, P_3$ の色を決定する。

【0087】また、色決定部242は、情報記憶媒体300に記憶された仮想体モデルデータ326と、仮想空間における仮想体40の代表点の座標とに基づいて、仮想体40を構成する各ポリゴンの頂点の座標(ワールド座標系における座標)を判定し、描画範囲に係る各ポリゴンおよび各頂点を決定する。そして、決定した各頂点の色を、特定点に対して決定した色情報に基づいて決定する。更に、各頂点の色に基づいて、各ポリゴン内の色を算出して、描画部246に出力する。

【0088】フォグ処理部244は、視点10からの距離に応じて描画範囲内に存在する物体にフォグ処理を施す機能部である。すなわち、ジオメトリ処理によって、視点10に基づく座標変換を実行し、視点10に対する距離が、フォグ開始距離 $D_{fr}$ よりも大きく、且つ、フォグ極限距離 $D_{fr}$ よりも小さい場合には、当該物体に対して式(1)によるフォグ処理を実行する。なお、フォグ処理部244は、フォグの色 $C_f$ を、視点10から物体に対するベクトルの向きに応じて決定する。例えば、視点から物体に対するベクトルの延長線上に海が存在する場合には、その視線ベクトルと仮想体40との交点の色をフォグの色として決定する。あるいは、上底円周42

上に設定した特定点に与えた色情報を海上のフォグの色として設定してもよい。また、物体に対するベクトルの延長線が陸と交差する場合には、陸の色と同等のフォグの色を設定する。更に、物体に対するベクトルが空を指す場合には、フォグの色として空の色を設定する。

【0089】描画部246は、描画範囲内に存在する物体について、描画する処理を実行する。すなわち、画像生成部240によって、ジオメトリ処理を施され、描画用のスクリーン上の座標（すなわち2次元座標系）が決定され、且つ、視点10や光源との位置関係に応じた色情報が決定された物体について、その色情報を一時記憶部400内のフレームバッファ420に順次記憶する処理を実行する。ただし、描画部246は、各物体を描画するに際し、視点10からの奥行に従って各物体をソートし、視点10に対して奥に存在する物体から順に描画する。このとき、色の合成率 $\alpha$ を持たない物体（ポリゴン）については、先に描かれた色を排除して、当該物体の色をフレームバッファ420に記憶させる。一方、合成率 $\alpha$ が設定された物体については、フレームバッファ420に先に描かれた色情報と、当該物体の色情報とを合成してフレームバッファ420に記憶する。

【0090】また、描画部246は、1フレームの画像を生成する際には、必ず、フレームバッファ420内のデータをリセットした後、新たな色情報を順次記憶する。その際、描画部246は、仮想体40を最初のフレームバッファ420に描画する。次いで、漣モデル90を描画し、その後、地形モデルの描画を開始する。すなわち、仮想体40がフレームバッファ420に描画された上に、漣モデル90が描画され、更にその上に、地形モデルが描画される。このため、地形モデルのうち、陸部分については、仮想体40および漣モデル90の色情報に上書きされ、一方、海面部分については、仮想体40および漣モデル90の色情報と $\alpha$ 合成されることとなる。

【0091】情報記憶媒体300は、ゲーム装置の駆動に係るプログラムやゲームを実行するためのプログラム、データを記憶するためのものであり、CD-ROM、ゲームカセット、ICカード、MO、FD、DVD、メモリ、ハードディスク等のハードウェアにより実現できる。なお、情報記憶媒体300は、主に、所与のゲームを実行するためのゲーム情報320を記憶する。なお、ゲーム情報320には、ゲーム演算プログラム322や、画像生成プログラム324が含まれる。更に、ゲーム情報320には、仮想体40のモデル情報（各ポリゴンのローカル座標データ等）を記憶した仮想体モデルデータ326、特定点テーブル328、地形データ330等を記憶する。

【0092】なお、ゲーム演算プログラム322には、ゲームシナリオや各物体のポリゴンモデル情報、コントローラからの操作信号に係る各物体（自戦闘機や敵の戦

闘機等）の動作を決定するための情報、飛行戦闘ゲームの進行に応じて視点10の位置を決定するための情報、ゲームの進行に係るプレーヤの得点を算出するための情報等、ゲーム進行に係る情報が含まれる。更に、ゲーム演算プログラム322には、視点10の高度に応じて仮想体40の高さを決定するための情報、仮想体40の向きを決定するための情報などが含まれる。また、画像生成プログラム324には、ジオメトリ処理やレンダリング処理を実行するために必要な情報や、上記海面を表現するためのプログラムが含まれる。すなわち、画像生成プログラム324には、視点10の高さに基づいて特定点の色を決定するための情報、仮想体40や漣モデル、地形モデル等を描画する順序を決定するための情報などが含まれる。

【0093】一時記憶部400は、処理部200が情報記憶媒体300に記憶された各種プログラムに従って実行した演算結果や、操作部100から入力される情報、画像生成部240により生成された画像結果等を一時的に記憶するためのメモリ領域であり、RAMや、VRAM等のハードウェアにより実現される。また、一時記憶部400は、フレームバッファ420を含む。なお、フレームバッファ420は、表示部500に画像を表示する際の画素毎の色情報を記憶するための記憶メモリである。なお、表示部500は、処理部200から入力される指示に従って、一時記憶部400内のフレームバッファ420に記憶された画像データを表示画面に表示する機能部である。

【0094】次に、図16に示すフローチャートを用いて、本発明に係る処理について説明する。すなわち、視点10に基づく描画範囲内に地形モデルが含まれる場合の処理について説明する。なお、以下の処理は、1フレーム毎に実行するものである。図16によれば、ゲーム演算部220が操作部100からの入力指示、若しくは、ゲーム情報320に従って、視点10の座標を決定する（ステップS1）。次いで、仮想体配置部224が、ゲーム演算部220により決定された視点10の座標および、仮想空間における光源の位置に基づいて仮想体40の向きを決定する（ステップS2）。更に、仮想体配置部224は、視点10の高さ $Y_v$ およびフォグ極限距離 $D_{fr}$ に基づいて仮想体40の高さ $h$ を決定する（ステップS3）。

【0095】色決定部242は、ステップS1にて仮想空間における視点10の座標が決定すると、視点10の高さ $Y_v$ に応じて各特定点の色を決定し（ステップS4）、更に、特定点の色に基づいて仮想体40の色を決定する（ステップS5）。そして、その決定した仮想体40の色情報を描画部246に出力する。描画部246は、まず、色決定部242から入力された仮想体40の色をフレームバッファ420に描画する（ステップS6）。次いで、描画部246は、地形制御部222から



入力される座標データに基づいて漣モデルを描画する(ステップS7)。そして、漣モデルの描画が終了すると、地形モデルを描画し(ステップS8)、本処理を終了する。

【0096】次に、本実施の形態を実現できるハードウェアの構成の一例について、図17を用いて説明する。同図に示す装置では、CPU1000、ROM1002、RAM1004、情報記憶媒体1006、音生成IC1008、画像生成IC1010、VRAM1012、I/Oポート1014、1016が、システムバス1018により相互にデータ入出力可能に接続されている。そして、画像生成IC1010には、表示装置1022が接続され、音生成IC1008には、スピーカ1020が接続され、I/Oポート1014には、コントロール装置1024が接続され、I/Oポート1016には、通信装置1026が接続されている。

【0097】情報記憶媒体1006は、図15に示す機能ブロックにおける情報記憶媒体300に相当するものであり、プログラム、表示物を表現するための画像データ、音データ、プレイデータ等が主に格納されるものである。例えば、図1に示す家庭用ゲーム装置1210では、ゲーム情報等を格納する情報記憶媒体として、CD-ROM、ゲームカセット、DVD等が用いられ、プレイデータを格納する情報記憶媒体としてメモリカードなどが用いられる。また、本発明を業務用のゲーム装置に適用する場合には、ROM等のメモリやハードディスクが用いられ、この場合には、情報記憶媒体1006は、ROM1002になる。また、パーソナルコンピュータにおいては、CD-ROM、DVD、ROM等のメモリ、ハードディスク等が用いられる。

【0098】コントロール装置1024は、図1に示すゲームコントローラ1202、1204や、操作パネル等に相当するものであり、ユーザがゲーム進行に応じて行う判断の結果を装置本体に入力するための装置である。

【0099】情報記憶媒体1006に格納されるプログラム、ROM1002に格納されるシステムプログラム(装置本体の初期化情報等)、コントロール装置1024によって入力される信号等に従って、CPU1000は、装置全体の制御や各種データ処理を行う。RAM1004は、このCPU1000の作業領域等として用いられる記憶手段であり、情報記憶媒体1006やROM1002の所与の内容、あるいはCPU1000の演算結果が格納される。また、VRAM1012は、図15に示すフレームバッファ420に相当するものであり、画素毎の色情報を記憶するための記憶手段であり、表示装置1022の解像度に応じた記憶容量を必要とするものである。

【0100】更に、この種の装置には、音生成IC1008と画像生成IC1010とが設けられていて、ゲー

ム音やゲーム画像の好適な出力が行えるようになっている。音生成IC1008は、情報記憶媒体1006やROM1002に記憶される情報に基づいて効果音やバックグラウンド音楽等のゲーム音を生成する集積回路であり、生成されたゲーム音は、スピーカ1020によって出力される。また、画像生成IC1010は、VRAM1012に記憶された画像情報に基づいて表示装置1022に出力するための画素情報を生成する集積回路である。すなわち、画像生成IC1010は、VRAM1012に書き込まれた情報を、表示信号に変換して表示装置1022に出力する。また表示装置1022は、CRTやLCD、TV、プラズマディスプレイ、プロジェクター等により実現される。

【0101】また、通信装置1026は、ゲーム装置内部で利用される各種の情報を外部とやり取りするものであり、他のゲーム装置と接続されてゲーム情報に応じた所与の情報を送受したり、通信回線を介して、ゲーム情報等の情報を送受すること等に利用される。

【0102】また、図1～図15で説明した種々の処理は、図16のフローチャートに示した処理等を行うためのプログラムを格納した情報記憶媒体1006と、該プログラムに従って動作するCPU1000、画像生成IC1010、音生成IC1008等によって実現される。なお、画像生成IC1010、音生成IC1008等で行われる処理は、CPU1000あるいは汎用のDSP等によりソフトウェア的に行ってもよい。

【0103】なお、本発明は、図1に示した家庭用のゲーム装置1210だけでなく、他のいかなる形態のゲーム装置に適用してもかまわない。例えば、図18に、ホスト装置1300と、このホスト装置1300と通信回線1302を介して接続される端末1304-1～1304-nを含むゲーム装置に本実施の形態を適用した場合の例を示す。

【0104】図18に示す形態の場合、図15に示した情報記憶媒体300に記憶されるゲーム情報320等は、例えば、ホスト装置1300が制御可能な磁気ディスク装置、磁気テープ装置、メモリ等の情報記憶媒体1306に格納されている。また、端末1304-1～1304-nが、CPU、画像生成IC、音生成IC、を有し、スタンドアローンでゲーム画像、ゲーム音を生成できるものである場合には、ホスト装置1300からは、ゲーム画像、ゲーム音を生成するためのゲーム情報320等が端末1304-1～1304-nに配送される。一方、スタンドアローンで生成できない場合には、ホスト装置1300がゲーム画像、ゲーム音を生成し、これを端末1304-1～1304-nに伝送し端末において出力することになる。

【0105】あるいは、図19に示すように、本実施の形態を業務用ゲーム装置600に適用してもよい。この業務用ゲーム装置600は、プレーヤがスピーカ606

から出力される音を聞きながら、操作ボタン604を操作することによって、ディスプレイ602上に表示される自戦闘機を操作して所与のゲームを楽しむ装置である。業務用ゲーム装置600に内蔵されるシステム基板608には、CPU、画像生成IC、音生成IC等が実装されている。そして、ゲーム情報320等は、システム基板608上の情報記憶媒体であるメモリ610に格納されている。

【0106】なお、本発明は、上記実施の形態で説明したものに限らず、種々の変形実施が可能である。例えば、本実施の形態では、視点10の座標をY軸に沿って平行投影した地表上の位置からフォグ極限距離 $D_{ff}$ 隔てた位置を最大描画範囲54とし、この位置を水平線の位置となるものとして説明した。しかし、水平線の位置をこの位置に限定する必要はなく、別の手段によってより尤らしい水平線の位置を決定することとしてもよい。

【0107】図20は、本実施の形態における仮想体40に、水平線の位置から最大描画位置までの海の色を決定するための側部を組み合わせた一例を示す図である。同図によれば、視点10の座標の水平位置O( $X_v$ , 0,  $Z_v$ )から距離 $D_{ff}$ の位置を水平線の位置702とし、水平線位置702から最大描画円周52までの海の色を側部700によって表現する。このように、水平線の位置を最大描画範囲54とは無関係に設定し、最大描画円周52から設定した水平線の位置702までの色を側部700によって補うことにより、常に尤らしい位置に水平線を表現することができる。

【0108】また、本実施の形態では、仮想体40を略半球の形状のものとして説明したが、これに限定する必要は無く、例えば、以下のような変更も可能である。図21は、仮想体を球710によって構成した一例を示す図であり、球状仮想体710の断面を示す図である。同図によれば、視点10の座標の水平位置Oからフォグ極限距離 $D_{ff}$ までの範囲を、球状仮想体710の $o'$ 点から $d_{ff}$ 点までの範囲の色によって決定し、視点10からの距離がフォグ極限距離 $D_{ff}$ から水平線位置702(距離 $D_h$ )までの範囲については、球状仮想体の $d_{ff}$ 点から $d_h$ 点までの範囲の色によって決定する。ただし、このように、球状の仮想体を採用する場合には、視点10とフォグ極限距離とを結ぶ直線と仮想体との交点に特定点 $P_{1a}$ 、 $P_{1b}$ が位置するように常に変更する必要がある。また、同様に、特定点 $P_{2a}$ 、 $P_{2b}$ については、最下点44である $P_j$ と特定点 $P_{1a}$ 、 $P_{1b}$ との中点に変更する。

【0109】あるいは、仮想体は、平面的な形状であってもかまわない。図22は、仮想体を平面によって構成した一例を示す図であり、(a)は、最大描画範囲54を覆う正方形範囲720と同等の大きさおよび形状に仮想体730を定義した一例を、(b)は、最大描画範囲54を覆う正方形範囲720と比例する大きさに仮想体

740を定義した一例を示す図である。このように仮想体を平面的に設定する場合には、仮想体上に予め色の分布が定義されたテクスチャをマッピングするとよい。そして、視点10の高度 $Y_v$ に応じてフォグとなる基調色を順次合成すれば、徐々に海や湖の色が霞んで見えなくなるように表現できる。ただし、平面的な仮想体を採用する場合には、(b)に示すように、仮想体740上に正方形範囲720上の最大描画円周52と対応する円周742を定義し、視点10と最大描画円周52とを結ぶ直線750が、定義した円周742と交わるように仮想体740を配置する。また、基準となる方向を定義し、その定義した方向が常に光源方向を向くように仮想体740を回転させて配置するとよい。

【0110】なお、本実施の形態で説明した描画の順序は仮想体の形状に拘わらず等しい。すなわち、描画順序は、仮想体を描画した後、漣モデルを描画し、次いで、地形モデルを描画する。

【0111】また、本実施の形態では、図14に示したように、漣モデル90を最大描画範囲54と同等の大きさおよび形状のものとし、視点10の移動に追従して移動させるものとして説明した。しかし、このように、漣モデル90を視点10の動きに追従させた場合、どの方向の海面を見ても常に波の様子が等しく、画像を見るプレーヤに対して違和感を与える恐れがある。そこで、漣モデルを最大描画範囲に限定せず、地形全体に定義する。そして、地表面50を描画する際には、地形モデルに含まれる海面の有無に拘わらず、視点10の水平位置に係る範囲の漣モデルを読み出して描画することとしてもよい。

【0112】また、視点10の高度に応じて仮想体上に定義した特定点の色に、上底に設定された特定点の色を合成することとして説明した。しかし、必ずしも上底の色に近づける必要はなく、別途独立した色味を視点10の高さに応じて各特定点の色に合成してもよい。更に、本実施の形態では、1種類の特定点テーブル328を参照して各特定点の色を決定することとして説明したが、視点10の高度 $Y_v$ や水平位置O、視線方向等の変化に伴って、参照する特定点テーブルを変更してもよい。すなわち、予め複数の特定点テーブルを用意し、仮想空間における視点10の位置、視線方向に応じて順次採用する特定点テーブルを決定する。また、複数の特定点テーブルを採用する場合には、各特定点の色が急激に変化しないように、2以上の特定点テーブルに記憶された色情報をそれぞれ視点10との位置関係に基づいて合成して採用することとしてもよい。

【0113】更に、本実施の形態では、島の浅瀬や珊瑚礁、海底の深さなどを表現する場合には、海面を表現するための半透明ポリゴンに浅瀬用の色を配色し、これによって海の高低を表現することとして説明した。しかし、これに限定する必要はなく、浅瀬や珊瑚礁を表現す

るための浅瀬オブジェクトを海面となる半透明ポリゴンの下に配置する構成にしてもよい。そして、この浅瀬用オブジェクトを、仮想体を描画した後で、且つ、地形モデルを描画する前に描画する。このとき、浅瀬オブジェクトには、 $\alpha$  値（すなわち、色の合成率）を設定し、浅瀬オブジェクトを描画する際には常に既に描画された仮想体の色と合成するように設定する。ここで、浅瀬オブジェクトは、山や陸の地形モデルと同様な 3 次元座標系によって定義されるリアルなモデルであってもよいが、単なる平面のオブジェクトであってもよい。ただし、平面的なオブジェクトによって浅瀬を表現する場合には、浅瀬オブジェクトの表面に浅瀬の色合いや濃淡を付すことによって、立体的に見えるように工夫する。また、合成率  $\alpha$  の値を浅瀬オブジェクトに均一に設定するのではなく、浅瀬オブジェクト内の位置に応じて値を変化させてもよい。

【0114】図 23 は、陸部分 762 と海面部分 764 とを含む地形モデル 760 の断面を模式的に表現した図であり、浅瀬オブジェクト 770 を配置した一例を示すものである。同図に示すように、浅瀬オブジェクト 770 を陸部分 762 と海面部分 764 との境界近傍の下に配置する。このとき、浅瀬オブジェクト 770 の陸方向から海の沖方向にかけて、 $\alpha$  値が大きくなるように設定すれば、浅瀬オブジェクト 770 が陸から海の沖にかけて徐々に海の色に溶け込んで見えなくなるように表現することができる。したがって、海の底が徐々に深くなり、深海に至る様子を表現することができる。

【0115】あるいは、 $\alpha$  値の異なる浅瀬オブジェクトを何層にも重ねて配置してもよい。図 24 は、陸部分 762 と海面部分 764 とを含む地形モデル 760 の断面を模式的に表現した図であり、浅瀬オブジェクト 770-1~3 を 3 層に重ねて表示した一例を示すものである。同図によれば、3 枚の浅瀬オブジェクト 770-1~3 が、陸から海の沖にかけて徐々にずらして配置されている。このとき、最下層の浅瀬オブジェクト 770-3 の合成率  $\alpha$  を高く、且つ、最も沖よりに配置し、最上層の浅瀬オブジェクト 770-1 の合成率  $\alpha$  を比較的低めに、且つ、最も陸よりに配置すれば、海の底が段階的に深くなるように表現することができる。また、このように、層状に浅瀬オブジェクトを配置すれば、その浅瀬を見る高さや方向に応じて海底の地形が異なるように見えるため、より海底を立体的に且つリアルに表現することができる。

【0116】なお、本実施の形態では、仮想体を用いて海などの広い水面の色を表現する場合について説明したが、陸地を流れる河川や溜め池、棚田、水田、湖沼などの水面の色を本発明によって表現しても良いことは勿論である。すなわち、地形モデルのうちの陸部分についても（すなわち、地表面 50 の面上でない位置についても）、半透過ポリゴンを設定すれば、簡単に水面を表現

することができる。なお、棚田や湖など、水面となる部分の高さが水面毎に異なる場合には、各水面の高さと視点の高さに応じて仮想体の配置位置を逐次変更してもよいし、全ての高さの水面について 1 つの仮想体によって表現してもよい。また、川等を表現する場合には、当該川の水面が必ずしも水平である必要はなく、水面が斜面となるような場合であっても本発明の適用に支障を来すものではない。

【0117】また、本発明の適用については、上記飛行戦闘ゲームに限定する必要はなく、水場が登場するゲームであれば、格闘アクションゲームであってもよいし、RPG や、レースゲーム等のゲームに適用してもかまわない。あるいは、フライトシミュレータ等のシミュレーション装置に本発明を適用してもよい。

【0118】

【発明の効果】本発明によれば、仮想空間における地表を表現する際に、水面となる部分については半透明ポリゴン（透過体）によって表現する。一方で、仮想体に海や湖などの水の色を定義する。そして、当該仮想体を描画してから水面等を含む地形モデルを描画する。すなわち、先に描画した仮想体の色は、半透明ポリゴンによって構成された水面部分にのみ合成されて残ることとなる。このとき、仮想体を略半球状に設定し、半球体の縁部に明るい色を、半球体の頭頂部分に暗い色を配色し、当該頭頂部分が視点の鉛直下方向に位置するように配置することとしたため、視点近傍の水面の色は常に暗く、視点から遠ざかるにつれて水面の色が明るくなるように表現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を家庭用のゲーム装置に適用した一例を示す図である。

【図 2】描画範囲の一例を示す図である。

【図 3】視点の位置と視線方向の変化に伴う水面の見え方の変化を説明するための図である。

【図 4】（a）は、仮想体の斜め上方から見た図である。（b）は、仮想体の側面図である。（c）は、仮想体の平面図である。

【図 5】（a）は、仮想空間の斜方向から見た図であり、仮想体の配置例を示す図である。（b）は、（a）に示す仮想体の断面図である。

【図 6】（a）は、視点の位置が比較的低いときの仮想体の配置例を示す図である。（b）は、視点の位置が比較的高いときの仮想体の配置例を示す図である。

【図 7】仮想体を光線方向に向けて配置した一例を示す図である。

【図 8】特定点の設定例を示す図である。

【図 9】特定点テーブルの一例を示す図である。

【図 10】任意の頂点  $v$  の色を決定する処理を説明するための図である。

【図 11】視点の真下に存在する物体にフォグ処理を施

すこととなる一例を示す図である。

【図12】視点の高度に応じた最下点にある特定点の色の变化を示すグラフである。

【図13】浅瀬を表現した一画像例である。

【図14】連モデルを配置する一例を示す図である。

【図15】機能ブロックの一例を示す図である。

【図16】本実施の形態における処理を説明するためのフローチャートである。

【図17】本実施の形態を実現可能とするハードウェア構成の一例を示す図である。

【図18】ホスト装置と通信回線を介して接続されるゲーム端末に本実施の形態を適用した場合の一例を示す図である。

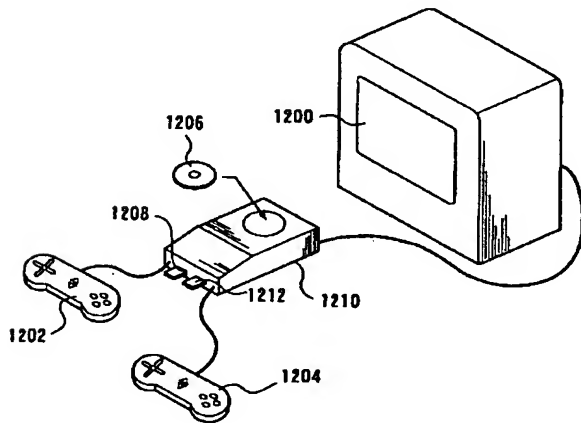
【図19】本発明を業務用のゲーム装置に適用した場合の一例を示す図である。

【図20】本実施の形態における仮想体に水平線までの色を決定するための側部を組み合わせた一例を示す図である。

【図21】仮想体を球状のオブジェクトによって表現した一例を示す図である。

【図22】(a)は、仮想体を最大描画範囲を含む正方形範囲と合同な平面によって構成した一例を示す図である。(b)は、仮想体を正方形範囲と比例する平面によって構成した一例を示す図である。

【図1】



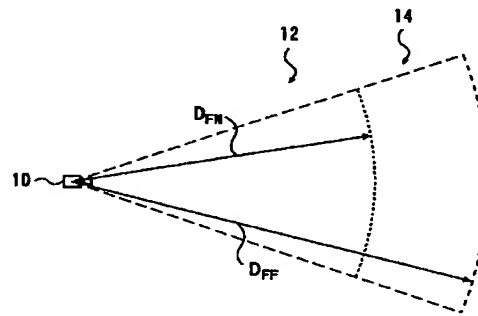
\*【図23】仮想空間に浅瀬用のオブジェクトを配置した一例を示す図である。

【図24】仮想空間に浅瀬用のオブジェクトを層状に配置した一例を示す図である。

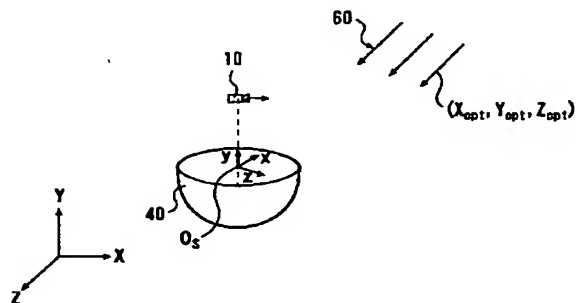
【符号の説明】

100	操作部
200	処理部
220	ゲーム演算部
222	地形制御部
224	仮想体配置部
240	画像生成部
242	色決定部
244	フォグ処理部
246	描画部
300	情報記憶媒体
320	ゲーム情報
322	ゲーム演算プログラム
324	画像生成プログラム
326	仮想体モデルデータ
328	特定点テーブル
330	地形データ
400	一時記憶部
420	フレームバッファ
* 300	表示部

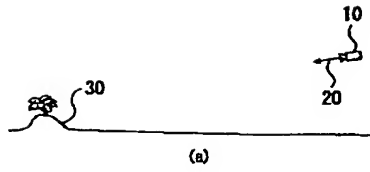
【図2】



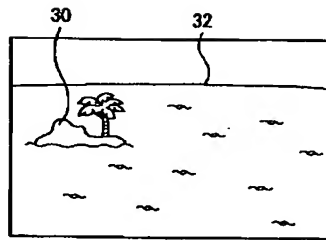
【図7】



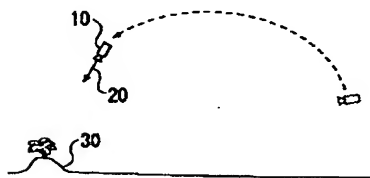
【図3】



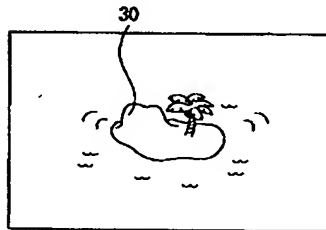
(a)



(b)



(c)



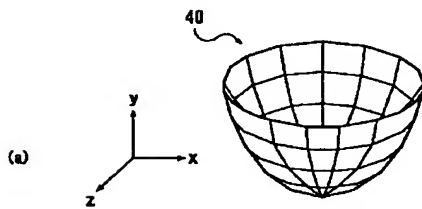
(d)

【図9】

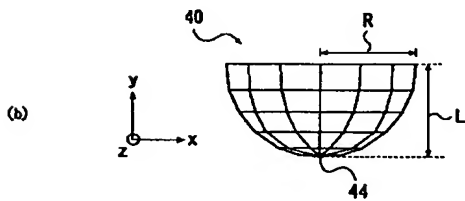
328

特定点	x	y	z	色情報
$P_{1A}$	$R$	0	0	$C_{1A}$
$P_{1B}$	$-R$	0	0	$C_{1B}$
$P_{2A}$	$R_z$	$-L_z$	0	$C_{2A}$
$P_{2B}$	$-R_z$	$-L_z$	0	$C_{2B}$
$P_3$	0	L	0	$C_3$

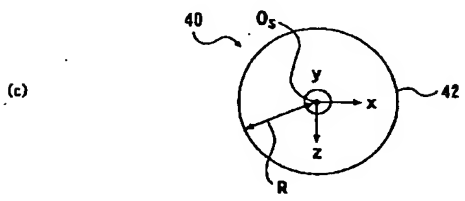
【図4】



(a)

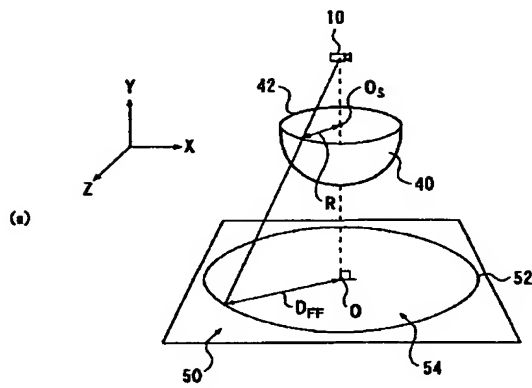


(b)

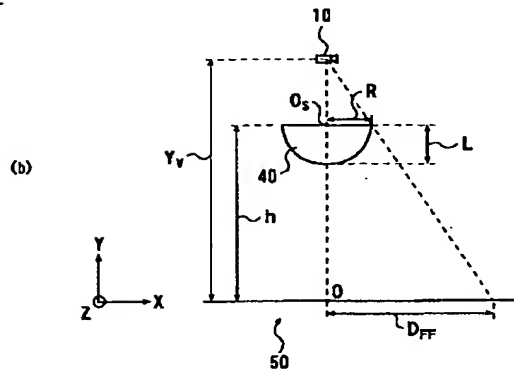


(c)

【図5】

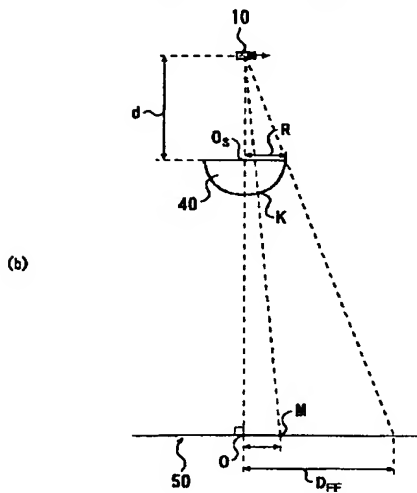
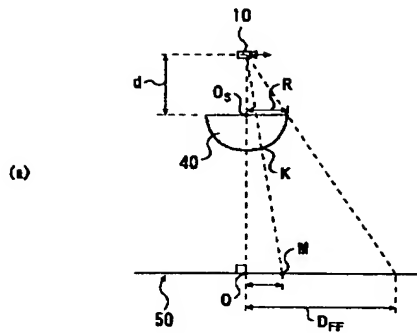


(a)

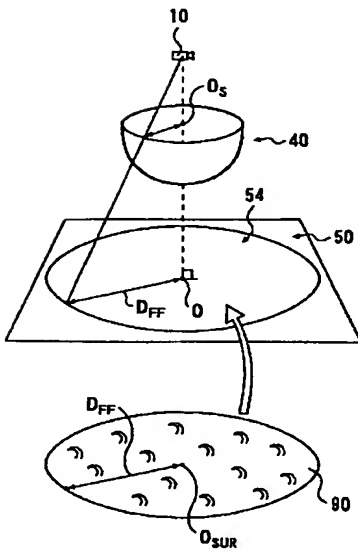


(b)

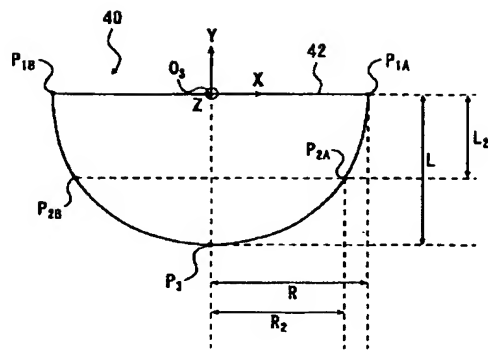
【図6】



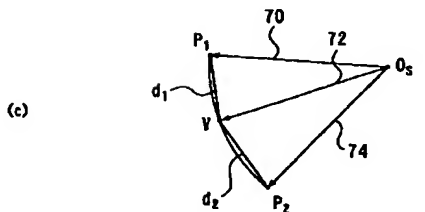
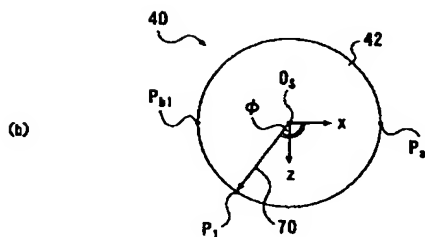
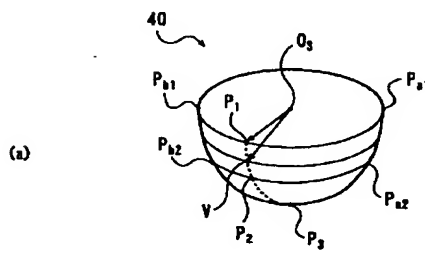
【図14】



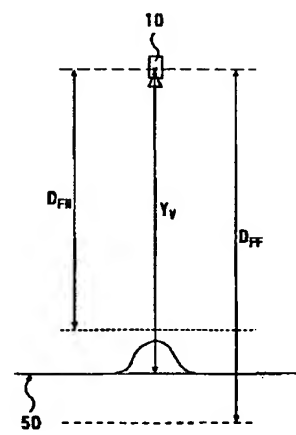
【図8】



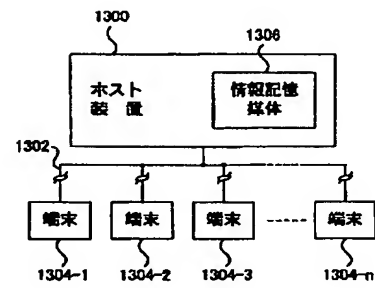
【図10】



【図11】

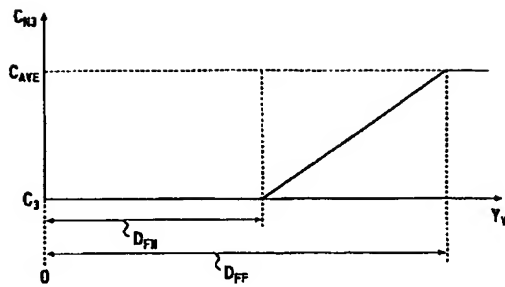


【図18】

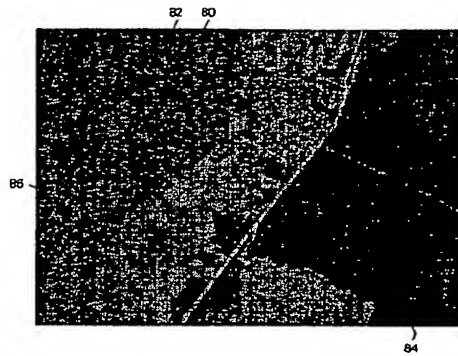




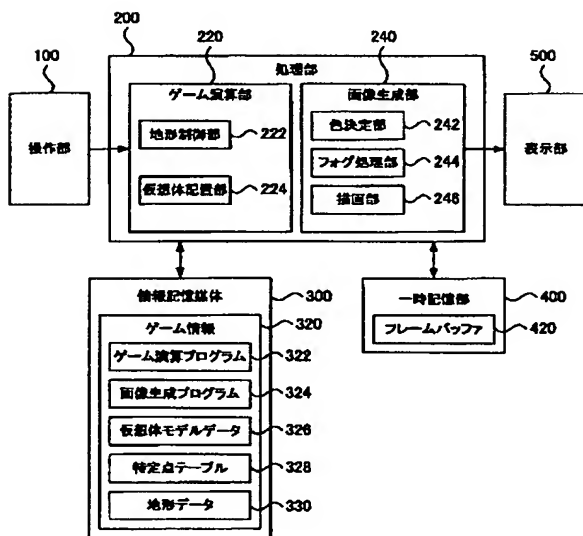
【図12】



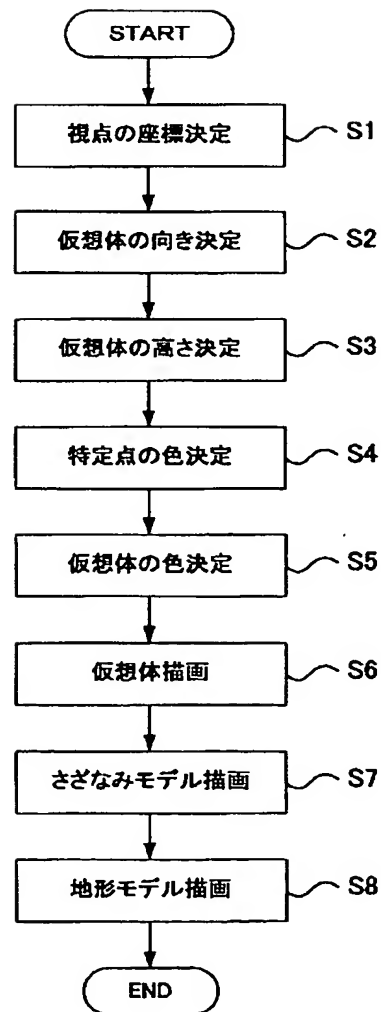
【図13】



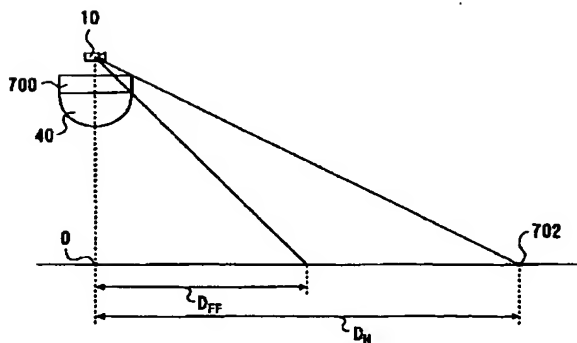
【図15】



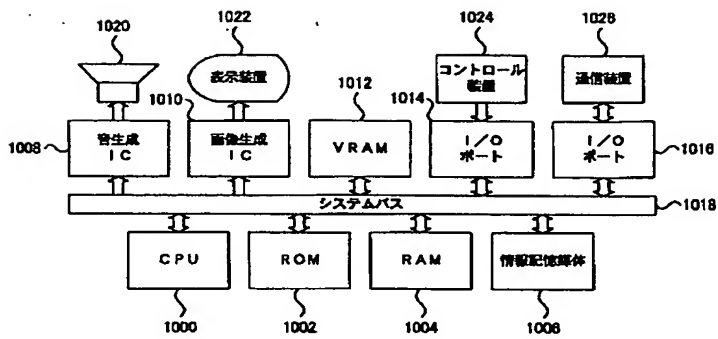
【図16】



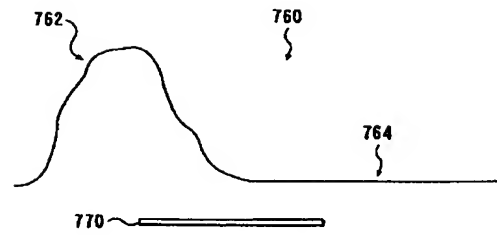
【図20】



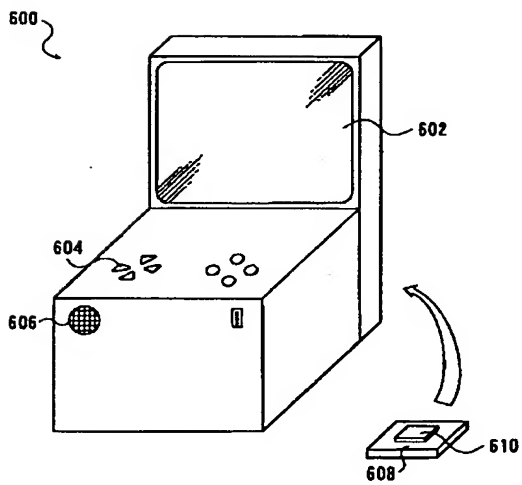
【図17】



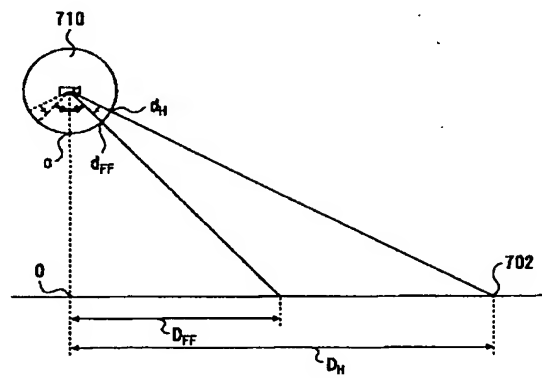
【図23】



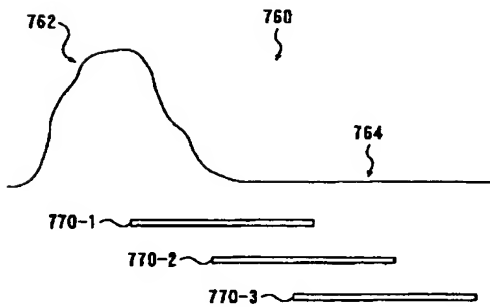
【図19】



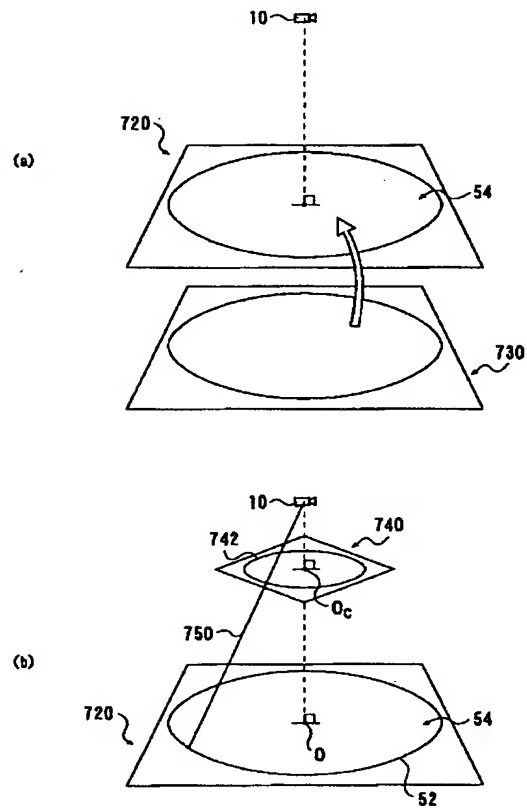
【図21】



【図24】



【図22】




---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2C001 AA06 BA02 BA05 BB01 BC02  
 BC03 BC04 BC06 CA02 CB01  
 CB03 CC01 CC08  
 5B050 BA07 BA08 BA09 BA11 EA19  
 EA29 FA02